

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑩ Offenlegungsschrift  
DE 195 06 792 A 1

⑥1 Int. Cl.®:  
H 04 N 1/405  
H 04 N 1/409  
G 06 T 5/20  
// G 08 F 3/14

②1 Aktenzeichen: 195 06 792.4  
②2 Anmeldetag: 27. 2. 95  
②3 Offenlegungstag: 5. 9. 98

DE 195 06 792 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, 33106  
Paderborn, DE

⑦4 Vertreter:  
Fuchs, F., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 81541 München

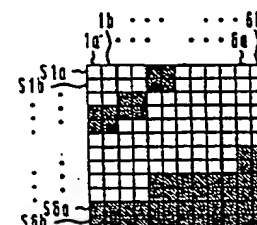
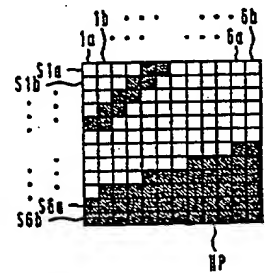
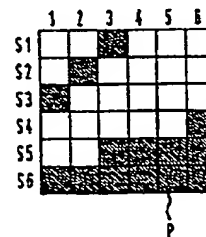
⑦2 Erfinder:  
Heinzl, Joachim, Prof. Dr., 81549 München, DE;  
Petschik, Benno, Dr., 85570 Markt Schwaben, DE;  
Morris, Edward, Dr., 85435 Erding, DE

⑥6 Entgegenhaltungen:  
US 50 29 108  
US 50 12 434  
US 48 47 641  
US 44 37 122  
EP 5 49 314 A1  
EP 5 84 968  
EP 5 26 738  
EP 5 21 491  
EP 5 00 375  
EP 3 56 224

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Steigerung der Bildqualität in Bildausgabegeräten

⑤7 Bildinformationen niedriger Auflösung werden in Bildinformationen hoher Auflösung umgesetzt. Dazu wird jedes umzusetzende Pixel (A) und Pixel (P) in der Nachbarschaft eines Pixels mit einem Satz von Pixelmustern verglichen. Zusätzlich wird ein weiterer Vergleich mit einem Satz von Pixelmustern durchgeführt, der aus einer Invertierung des ersten Satzes hervorgeht. Ein elektronischer Schaltkreis (HSC), der zwischen einem Rastergenerator (SRA) und einem Zeichengenerator (ZG) eingebracht ist, ermöglicht ein für Hochgeschwindigkeitsdruck geeignetes schnelles Umsetzen der Bildinformation.



DE 195 06 792 A 1

BEST AVAILABLE COPY

## Beschreibung

Die Wiedergabe beliebiger Bilddaten mit digitalen Ausgabegeräten, wie z. B. Monitoren, Flüssigkristallanzeigen und Matrix- oder Laserdruckern erfolgt durch eine große Anzahl einzelner Pixel. Diese Pixel sind meist in einem orthogonalen Grundraster angeordnet. Jedes Pixel kann durch seine Koordinaten innerhalb des Grundrasters und durch seine Eigenschaften, wie z. B. Farbe, Intensität und Größe beschrieben werden. Die Weite des Grundrasters wird im allgemeinen durch die Anzahl der Pixel je Zoll, dpi (dots per inch), beschrieben.

Binäre Ausgabegeräte können nur einen einzigen Pixeltyp erzeugen. Hier gilt für jede Position des Grundrasters: Pixel gesetzt oder nicht gesetzt. Zur Wiedergabe eines analogen Bildes muß dieses zunächst entsprechend dem Grundraster des Ausgabegeräts diskretisiert werden. Dabei werden Linien und Konturen beliebiger Orientierung in treppenartige Strukturen umgewandelt. Je geringer die Auflösung des Ausgabegerätes ist, desto deutlicher werden diese Strukturen sichtbar und wirken sich störend auf den Gesamteindruck der digitalen Wiedergabe aus.

Die Qualität einer Ausgabeeinrichtung wird deshalb häufig durch ihr Grundraster, bei einem Drucker spricht man von der Druckauflösung, bestimmt. Ein Drucker wird allgemein beispielsweise als 300 dpi- oder 600 dpi-Drucker bezeichnet. Ein 600 dpi-Drucker hat eine höhere Auflösung als ein 300 dpi-Drucker und liefert deshalb gewöhnlich eine bessere Ausgabequalität. Dies ist jedoch nicht immer gegeben, da andere Faktoren, wie z. B. der Durchmesser von Pixeln sich ebenfalls auf die erreichbare Druckqualität auswirken. Insbesondere, wenn die Druckauflösung 600 dpi übersteigt, kann man feststellen, daß ein 600 dpi-Drucker mit variabler Punktgröße eine höhere Ausgabequalität erzeugt, als ein 1200 dpi-Drucker mit einer festen Pixelgröße.

Die tatsächlich realisierte Auflösung des Ausgabegeräts wird durch die entstehenden Kosten bestimmt. Wesentliche Einflußgrößen sind zum einen die mechanische Präzision des Ausgabegeräts und der Aufwand an Elektronik zur Aufbereitung und Ausgabe der wiederzugebenden Daten. Jede Verdoppelung der Auflösung hat eine Vervierfachung der zu verarbeitenden Datenmenge zur Folge.

Im Normalfall erfolgt die Diskretisierung des analogen Bildes im Grundraster des Ausgabegerätes. In mindestens zwei Anwendungsfällen kann es aber auch vorkommen, daß die Auflösung des Ausgabegerätes größer ist als die des auszugebenden diskretisierten Bildes: 1. Das Bild liegt in einer anderen Auflösung bereits vor oder 2. Das Bild kann aus technologischen Gründen nur in geringer Auflösung diskretisiert werden.

Dem Rastergenerator eines Druckers, wie er beispielsweise aus US-A-5 012 434 bekannt ist, wird von einem HOST-System die kodierte und komprimierte Bildinformation in Form von Befehlen einer standardisierten Sprache, wie z. B. IPDS (Intelligent Printer Data Stream) von IBM, PCL (Printer Command Language) von Hewlett Packard oder Postscript® (Page Description Language) von Adobe, übergeben. Der Rastergenerator hat die Aufgabe, das endgültige Pixelraster zu erzeugen, das durch die Druckeinheit auf das Papier übertragen wird. Die Rasterauflösung, die vom Rastergenerator erzeugt wird, hängt nicht nur vom Format der vom HOST eingehenden Daten ab, sondern auch von der maximalen druckbaren Auflösung.

Ein typischer Anwendungsfall ist ein Bild, das mit 300 dpi-Auflösung vom HOST eintrifft und mit 600 dpi-Auflösung dargestellt wird. Das Bild mit 600 dpi-Auflösung enthält viermal so viele Daten wie das gleiche Bild, das mit 300 dpi-Auflösung beschrieben ist. Infolgedessen sind der Speicherbedarf und die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Rastergenerators beim 600 dpi-Druck beträchtlich erhöht, was zu einer Erhöhung der Kosten für die elektronische Hardware des Druckers führt. Würde lediglich jedes Pixel mit 300 dpi-Auflösung durch 2x2 Pixel mit 600 dpi-Auflösung ersetzt, dann entspräche ein ausgegebenes Druckbild weitgehend dem eines Ausgabegerätes mit 300 dpi-Auflösung. Die Treppenstrukturen des 300 dpi-Bildes bleiben praktisch erhalten. Die Vorteile des hochauflösenden Ausgabegerätes bleiben ungenutzt.

In den letzten Jahren wurden deshalb verschiedene Wege zur Steigerung der Druckqualität aufgezeigt. Solche Wege sind in US-A-4 847 641, US-A-5 029 108, EP-A-0 500 375, EP-A-0 521 491 und EP-A-0 526 738 angegeben. Die drei erstgenannten Lösungen wurden für Laserdrucker optimiert, die ein Ablenkungssystem für einen einzelnen Strahl aufweisen. Das Videosignal, das die Laserdiode steuert, wird einem Verbesserungsschaltkreis in serieller Form zugeführt. Das Videosignal kann von diesem Schaltkreis entweder in unveränderter Form zur Laserdiode durchgeschleift werden oder moduliert werden, wenn Kantenglättung erforderlich ist. Eine Erhöhung der Druckauflösung wird nur dann vorgenommen, wenn der Verbesserungsschaltkreis eine Gruppe von Pixeln erkennt, für die feinere Punkte gedruckt werden sollten.

In Druckern, die, wie aus EP-A-0 521 491 und EP-A-0 526 738 bekannt, einen LED-Zeichengenerator enthalten, ist es stets erforderlich, die genaue Anzahl von Datenbits anzubieten, die durch die Anzahl der LED's im LED-Kamm des Zeichengenerators bestimmt ist. Anders als bei Druckern mit einer optischen Laserablenkungs-einheit erhöhen sich die Druckkopfkosten in signifikanter Weise, wenn beispielsweise anstelle eines 300 dpi-Druckkopfes ein 600 dpi-Druckkopf verwendet wird. Beim genannten Stand der Technik wird das Problem dadurch umgangen, daß eine Erhöhung der Auflösung nur in Papiertransportrichtung erfolgt, die im rechten Winkel zur Achse des LED-Kamms steht. Die Auflösung in Richtung der Achse des Druckkamms bleibt unverändert. Da der Original 300 dpi-Druckkopf noch bei höheren Schaltfrequenzen verwendet werden kann, ist eine erhöhte Auflösung bei niedrigen Kosten erreichbar. Die Erhöhung der Auflösung gelingt allerdings nur in einer Richtung.

Eine Erhöhung der Auflösung in zwei Richtungen ist aus EP-A-0 584 966 bekannt. Abhängig von einer Eingangsinformation, die angibt, ob es sich um ein Grauwertbild oder ein Schwarz-Weiß-Bild handelt, wird eine Kantenglättung vorgenommen bzw. nicht vorgenommen. Bei Grauwertbildern besteht die Annahme, daß das Bild durch Kantenglättung in nachteiliger Weise verändert wird. Liegt ein Schwarz-Weiß-Bild vor, dann wird mittels einer endlichen Anzahl von Schablonen festgestellt, durch welches 2x2-Pixel einer höheren Auflösung ein ausgewähltes Pixel einer niederen Auflösung ersetzt werden soll. Die Schablonen können zum Zweck einer Einsparung von logischen Gattern an einer Y-Achse gespiegelt und um +90° oder um -90° gedreht werden.

Beim Stand der Technik kann somit beispielsweise die Wiedergabe einer aufsteigenden Linie verbessert werden. Die Darstellung einer abfallenden Linie kann jedoch aufgrund einer fehlenden Spiegelung der Schablonen an einer X-Achse nicht verbessert werden. Die aufgezeigte Lösung eignet sich zudem nur für langsame Drucker, wie z. B. Tischdrucker.

Aus EP-A-0 356 224 ist eine Datenverarbeitungseinheit bekannt, die einen Bereich zur Bildaufbereitung und einen Bereich zur Interpolation von Bildinformationen enthält. Bei unveränderter Gesamtauflösung von beispielsweise 300 dpi werden mehrere ein umzusetzendes Pixel umgebende Zeilen zum Gewinnen einer Glättungsinformation herangezogen. Zur Glättung werden sowohl eine Modulation der Größe eines Pixels, als auch eine Verschiebung des Zentrums eines Pixels herangezogen, wie sie nur bei Bildwiedergabeeinrichtungen mit Laserablenkungseinheit einsetzbar ist.

Aus US-A-4 437 122 ist ein Verfahren zur Erhöhung der Rasterauflösung bekannt. Zur Umsetzung eines Pixels in mehrere Pixel eines feineren Rasters werden in einer 3·3-Matrix die das Pixel unmittelbar umgebenden Pixel herangezogen. Der 3·3-Matrix wird entsprechend ihrer Belegung mit schwarzen und weißen Pixeln ein Identifikator zugeordnet, der mit entsprechenden Identifikatoren verglichen wird. Ist ein passender Identifikator gefunden, wird das zentrale Pixel der 3·3-Matrix durch ein diesen Identifikator zugeordnetes Pixelmuster des feineren Rasters ersetzt. Bei diesem Verfahren sind  $2^{(3^3)} = 512$  Identifikatoren erforderlich. Vergrößert man den Bereich der Umgebungspixel beispielsweise auf eine 7·7-Matrix, dann wären  $2^{(7^7)} = 5,629499 \cdot 10^{14}$  Identifikatoren und entsprechende Pixelmuster des feineren Rasters zur Umsetzung erforderlich. Ein solches Verfahren ist in einem Hochleistungsdruck- oder Kopiergerät aus Zeit- und Speicherplatzgründen nicht einsetzbar.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und Vorrichtung zur Steigerung der Bildqualität in Bildausgabegeräten aufzuzeigen, die eine schnelle und zuverlässige Umsetzung einer Bildinformation einer groben Rasterung in eine Bildinformation feiner Rasterung erlauben. Die Umsetzung soll auch zufriedenstellende Ergebnisse bei der Umsetzung von Halbtonbildern liefern, so daß eine Unterscheidung, ob ein Halbtonbild vorliegt oder nicht, unnötig ist.

Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen 1 und 10 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Durch die Erfindung ist es möglich, eine schnelle und zuverlässige Umsetzung einer Bildinformation einer groben Rasterung in eine Bildinformation feiner Rasterung vorzunehmen. Dazu trägt der Satz von vorgegebenen Pixelmustern niedriger Auflösung bei, da er eine begrenzte Anzahl von Vergleichen erforderlich macht. Durch den zweiten Satz von Pixelmustern niedriger Auflösung, der aus der Invertierung des ersten Satzes hervorgeht wird erreicht, daß auch eine Umsetzung von Halbtonbildern ein zufriedenstellendes Ergebnis liefert. Die Invertierung bewirkt, daß beispielsweise bei einer von links unten nach rechts oben verlaufenden Kontur hochaufgelöste Pixel hinzugefügt werden, während bei einer entsprechenden Kontur der gleichen Bildinformation, die jedoch von links oben nach rechts unten verläuft, hochaufgelöste Pixel entfernt, also ein niedrig aufgelöstes Pixel nicht vollständig dargestellt wird. Statistisch ergibt sich daraus für den gesamten Bildinhalt einer Seite ein konstanter Schwärzungsgrad vor und nach der Umsetzung der Bildinformation.

Durch besondere Ausgestaltungen der Erfindung ist sichergestellt, daß alle möglichen glättbaren Pixelstrukturen von den Sätzen vorgegebener Pixelmuster erfaßt und geglättet werden. Insbesondere werden 90°-Ecken der originalen Bildinformation unverfälscht wiedergegeben.

Gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung beschränkt sich die Anwendbarkeit der Erfindung nicht auf eine geradzahlige Umsetzung von Pixelmustern, wie beispielsweise einer Umsetzung von 300 dpi nach 600 dpi. Vielmehr kann bei einer Steigerung der Auflösung, die kein ganzzahliges Vielfaches bedeutet, die aus den umzusetzenden Pixeln und ihrer Umgebungspixel resultierende Matrix von hochaufgelösten Pixeln in ihrer Größe periodisch so schwanken, daß die ungeradzahlige Steigerung der Auflösung möglich ist.

Mittels einer besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine Umsetzung der Bildinformationen in hoher Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit durchführbar. Durch Parallelverarbeitung kann diese Geschwindigkeit noch gesteigert werden.

Durch ihre Zuverlässigkeit und Erfüllung höchster Geschwindigkeitsanforderungen bei der Umsetzung sind das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Verwendung in Hochleistungsdruck- oder -kopiergeräten geeignet.

Die Erfindung kann auch bei der Faximile-Übertragung vorteilhaft eingesetzt werden. So kann die Fax-Übertragung beispielsweise durch eine Bildinformation einer Auflösung von 200 dpi erfolgen. Durch Anwendung der Erfindung erfolgt eine Dekompression in eine Bildinformation einer Auflösung von 400 dpi. Die zu übertragenden Daten können dadurch unabhängig von anderen Kompressionsverfahren auf  $\frac{1}{4}$  reduziert werden.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen

Fig. 1a eine Matrix auszugebender Druckdaten in einer groben Auflösung,

Fig. 1b eine Matrix auszugebender, nicht geglätteter Druckdaten in einer hohen Auflösung,

Fig. 1c eine Matrix auszugebender, geglätteter Druckdaten in einer hohen Auflösung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Anordnung von Clustern hochaufgelöster Pixel bei einer nicht geradzahligen Umsetzung von Bildinformationen,

Fig. 3 alle möglichen Kombinationen von Pixeln einer Matrix, mit doppelter Auflösung, durch die Pixel der groben Auflösung ersetzt werden können,

Fig. 4 eine Matrix mit sieben Spalten und sieben Zeilen, deren zentrales Pixel in eine hochaufgelöste Pixelkombination umzusetzen ist,

Fig. 5 eine Matrix gemäß Fig. 4 in der Pixel entsprechend ihrer Berücksichtigung bei einer Glättungsregel unterschiedlich markiert sind,

Fig. 6 verschiedene Glättungsmöglichkeiten anhand einer diagonalen Linie,

Fig. 7 eine als Matrix dargestellte Glättungsregel, die durch Spiegelung und Drehung in andere Glättungsre-

geln überführt wird,

Fig. 8 als Matrix dargestellte Glättungsregeln zur Erhaltung von 90 Grad Ecken,

Fig. 9 einen Satz von als Matrix dargestellten Glättungsregeln zur Glättung von 2-x-, 3-x- und 4-x-Treppenstrukturen,

Fig. 10 einen Satz von als Matrix dargestellten Glättungsregeln zur Glättung von 1-2-1-Treppenstrukturen,

Fig. 11a eine erste Zick-Zack-Struktur,

Fig. 11b eine als Matrix dargestellte Glättungsregel zur Glättung der Struktur gemäß Fig. 11a,

Fig. 12a eine zweite Zick-Zack-Struktur,

Fig. 12b eine als Matrix dargestellte Glättungsregel zur Glättung der Struktur gemäß Fig. 12a,

Fig. 13 zwei als Matrix dargestellte Glättungsregeln zur Glättung von Standard-1-1-Treppenstrukturen,

Fig. 14 eine Blockdarstellung der Funktionseinheiten zur Druckbildaufbereitung,

Fig. 15 ein Blockschaltbild einer Registerkette eines Parallelbus-FIFO-Speichers zur Aufnahme einer Druckzeile,

Fig. 16 ein Blockschaltbild eines Parallelbus-FIFO-Speichers, der mehrere Registerketten gemäß Fig. 15 enthält,

Fig. 17 eine matrixartige Darstellung des Parallelbus-FIFO-Speichers gemäß Fig. 16,

Fig. 18 eine ausschnittsweise Darstellung eines Blockschaltbildes einer Entscheidungseinheit, die mit dem Parallelbus-FIFO-Speicher gemäß Fig. 16 koppelbar ist, und

Fig. 19 ein Blockschaltbild eines Ausgangsschaltkreises der mit der Entscheidungseinheit gemäß Fig. 18 koppelbar ist.

Gemäß dem Ausführungsbeispiel wird eine in Matrixform vorliegende Druckinformation mit einer niedrigen Auflösung von 300 dpi in eine matrixartige Bildinformation mit einer hohen Auflösung von 600 dpi aufgezeigt. Dies entspricht einer Verdoppelung der Auflösung. Mit Hilfe der vorliegenden Erfindung sind jedoch auch andere Verfeinerungen, beispielsweise von 180 auf 300 dpi oder von 240 auf 600 dpi möglich.

Einem Drucker mit einer Auflösung von 600 dpi werden Bildinformationen mit einer Auflösung von 300 dpi zugeführt. Fig. 1a zeigt einen Ausschnitt aus einer solchen Matrix mit sechs Spalten 1 bis 6 und sechs Zeilen S1 bis S6. Einzelne Pixel P dieser Matrix sind gesetzt. Die gesetzten Pixel P, wie beispielsweise das der Spalte 2 in der Zeile S2, sind geschwärzt dargestellt. Die nicht geschwärzten Pixel P, wie z. B. das der Spalte 4 in der Zeile S4, weisen in der Figur keine Schwärzung auf.

Die Bildinformation gemäß der Fig. 11, kann nun in eine Bildinformation gemäß der Fig. 1b auf einfache Weise dadurch umgesetzt werden, indem sie durch vier entsprechende hochaufgelöste Pixel HP der 600-dpi-Matrix umgesetzt wird. Das gesetzte Pixel P der Spalte 2 und der Zeile S2 der 300-dpi-Matrix würde entsprechend in vier gesetzte hochaufgelöste Pixel HP in den Spalten 2a, 2b und den Zeilen S2a, S2b der 600-dpi-Matrix umgesetzt. Das Ergebnis dieser Umsetzung wäre eine Ausgabe der Bildinformation mit einem 600 dpi Ausgabegerät, die weitgehend der Ausgabe eines entsprechenden Ausgabegerätes mit einer Auflösung von 300 dpi entspricht. Die Treppenstrukturen des 300 dpi Bildes bleiben dabei praktisch vollständig erhalten und die Vorteile des hochauflösenden Ausgabegerätes bleiben ungenutzt.

Um die Vorteile des hochauflösenden Ausgabegerätes zu nutzen, zeigt die Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung auf, mit der die groben Sprünge und Treppenstrukturen der niedrig aufgelösten Bildinformation geglättet werden können. Das Ergebnis dieser Glättung ist in Fig. 1c dargestellt.

Jedes Pixel P der niederen Auflösung kann in vier Pixel HP der höheren Auflösung umgesetzt werden. Einem Originalpixel P können demnach maximal  $2^4 = 16$  mögliche Kombinationen HP0 ... HP15 von Pixeln HP der hohen Auflösung zugeordnet werden. Diese möglichen Kombinationen von hochaufgelösten Pixeln HP0 ... HP15 sind in Fig. 3 dargestellt. Aus diesen möglichen Kombinationen HP0 ... HP15 soll jeweils diejenige Kombination ausgewählt werden, die zur Glättung einer stufenartigen Struktur am besten geeignet ist.

Auch eine nicht geradzahlige Umsetzung von Bildinformationen ist möglich. Wie in Fig. 2 am Beispiel einer Umsetzung von 240 dpi nach 600 dpi gezeigt, werden je vier Pixeln P der 240-dpi-Matrix drei Cluster mit 6 hochaufgelösten Pixeln HP und ein Cluster mit 7 hochaufgelösten Pixeln HP zugeordnet. Das siebte Pixel  $\Phi$  wird wahlweise einem der Cluster mit 6 hochaufgelösten Pixel HP zugeordnet. Bei der nicht geradzahligen Umsetzung von Bildinformationen ergeben sich entsprechend mehr mögliche Kombinationen HP0 ... HP15 als bei der Umsetzung der Auflösung um den Faktor zwei.

Für die Entscheidung, welche der möglichen Kombinationen HP0 ... HP15 bei einer Umsetzung zu wählen ist, muß festgestellt werden, ob das auszugebende Pixel P Teil einer treppenartigen Struktur ist. Diese Entscheidung kann durch Betrachten eines umzusetzenden Pixels A, sowie bis zu 48 seiner Nachbarpixel B bis y, wie in Fig. 4 dargestellt, erfolgen. Die Nachbarpixel B bis y bilden eine Matrix der Größe  $7 \times 7$ , deren zentrales Pixel P das umzusetzende Pixel A ist. Mittels dieser Matrix kann jedes einzelne Pixel P abgefragt und umgesetzt werden. Im folgenden wird auf die Benennungen der einzelnen Pixel P gemäß Fig. 4 Bezug genommen.

Ein Beispiel für eine Abfrage ist in Fig. 5 dargestellt. Dünn umrandete Pixel P werden nicht abgefragt und damit zur Entscheidungsfindung nicht herangezogen. Dick umrandete Pixel P symbolisieren ein Pixel P, das daraufhin abgefragt wird, ob es nicht gesetzt ist. Farbig ausgefüllte Pixel P werden daraufhin abgefragt, ob sie gesetzt sind. Das Beispiel gemäß Fig. 5 bedeutet demzufolge eine Abfrage, ob das Pixel A gesetzt und die Pixel B, C, D, H und I nicht gesetzt sind. Ist diese Bedingung erfüllt, wird auf Grund dieses Ergebnisses eine bestimmte Kombination HP0 ... HP15 gemäß Fig. 3 ausgewählt.

Welche dieser Kombinationen HP0 ... HP15 auszuwählen ist, wird auf Grund folgender grundsätzlicher Überlegungen bestimmt. Eine Glättung von Treppenstrukturen kann nur dadurch erfolgen, daß bei einem gesetzten Pixel P weniger als vier hochaufgelöste Pixel HP gesetzt werden oder dadurch, daß bei einem umgesetzten Pixel P mindestens ein hochaufgelöstes Pixel HP gesetzt wird. Um den Gesamt-Schwärzungsgrad der auszugebenden Druckinformation zu erhalten, sind die Regeln so gestaltet, daß im Mittel gleich viele

hochaufgelöste Pixel HP entfernt wie hinzugefügt werden.

Die Unterschiede werden durch eine in Fig. 6 dargestellte Treppenstruktur, die eine Linie (0) im Winkel von 45° aufgezeigt. Fügt man dieser Linie (0) bei jeder Treppe ein hochaufgelöstes Pixel HP hinzu, dann ergibt sich die Linie (1). Entfernt man je ein hochaufgelöstes Pixel HP an den Außenkanten der Linie (0), ergibt sich eine Linie (2). Eine Anwendung beider beschriebenen Möglichkeiten, also sowohl Hinzufügen, als auch Entfernen von hochaufgelösten Pixeln HP, würde keine Glättung erzielt werden. Fügt man jedoch nur auf einer Seite der Linie (0) ein hochaufgelöstes Pixel HP hinzu und entfernt entsprechend auf der anderen Seite der Linie (0) die hochaufgelösten Pixel HP, dann ergibt sich eine Linie (3). Diese Linie (3) ist optimal geglättet und weist zudem den gleichen Gesamtschwärzungsgrad, wie die Linie (0) auf.

Zur Entscheidung, welche der Kombinationen HP0 ... HP15 jeweils auszuwählen ist, werden Basisregeln aufgestellt. Diese Basisregeln können durch boolsche Gleichungen ausgedrückt werden. Aus jeder Basisregel lassen sich durch Ausnutzung der Symmetrieeigenschaften drei weitere boolsche Gleichungen ableiten. Jede dieser vier symmetrischen Basisregeln kann invertiert werden, weshalb jede Basisregel auf acht Regeln erweiterbar ist. Ein Beispiel einer solchen Basisregel mit deren Ableitungen ist in Fig. 7 angegeben. Aus der Basisregel werden durch Spiegelung an einer durch das umzusetzende Pixel A verlaufenden Horizontalen, einer Drehung um 90° im Uhrzeigersinn und einer nochmaligen Spiegelung an der Horizontalen, drei weitere Regeln abgeleitet. Die sich jeweils ergebende Kombination HP0 ... HP15 wird ebenfalls aus den oben genannten Spiegelungen und der Drehung gewonnen. Die bildhafte Darstellung gemäß Fig. 7 findet ihren Ausdruck in den nachfolgend angeführten boolschen Gleichungen:

In den boolschen Gleichungen kennzeichnet ein

"^" ein logisches UND

"-" die Abfrage eines nicht gesetzten Pixels

Basisregel:

$$\bar{A} \wedge \bar{I} \wedge \bar{F} \wedge \bar{Z} \wedge B \wedge K \wedge D \wedge E \wedge \bar{H} \wedge C \equiv \text{HP6}$$

gespiegelt an der Horizontalen:

$$A \wedge \bar{C} \wedge \bar{F} \wedge \bar{L} \wedge B \wedge K \wedge G \wedge H \wedge \bar{D} \wedge I \equiv \text{HP3}$$

gedreht um 90 Grad im Uhrzeigersinn:

$$A \wedge \bar{G} \wedge \bar{D} \wedge \bar{V} \wedge B \wedge A \wedge C \wedge H \wedge W \wedge \bar{F} \wedge I \equiv \text{HP4}$$

gespiegelt an der Horizontalen:

$$A \wedge \bar{E} \wedge \bar{H} \wedge \bar{P} \wedge B \wedge D \wedge I \wedge O \wedge \bar{F} \wedge C \equiv \text{HP4}$$

Basisregel invertiert:

$$A \wedge I \wedge F \wedge Z \wedge \bar{B} \wedge \bar{K} \wedge \bar{D} \wedge \bar{E} \wedge H \wedge \bar{C} \equiv \text{HP3}$$

gespiegelt an der Horizontalen:

$$A \wedge C \wedge F \wedge L \wedge \bar{B} \wedge \bar{K} \wedge \bar{G} \wedge \bar{H} \wedge D \wedge \bar{I} \equiv \text{HP6}$$

gedreht um 90 Grad im Uhrzeigersinn:

$$A \wedge G \wedge D \wedge V \wedge \bar{B} \wedge \bar{C} \wedge \bar{H} \wedge W \wedge F \wedge \bar{I} \equiv \text{HP5}$$

gespiegelt an der Horizontalen:

$$A \wedge E \wedge H \wedge P \wedge \bar{B} \wedge D \wedge I \wedge O \wedge F \wedge \bar{C} \equiv \text{HP5}$$

Die Regeln, mit denen Teile eines Originalpixels P durch Nichtsetzen einiger hochaufgelöster Pixel HP entfernt werden, gehen jeweils aus der Invertierung der Regeln, die ein Hinzufügen von hochaufgelösten Pixeln HP bewirken, hervor. Aus diesem Zusammenhang ergibt sich, daß bei der Umsetzung einer niedrig aufgelösten Bildinformationen in eine hochaufgelöste Bildinformation statistisch ebenso viele hochaufgelöste Pixel HP hinzugefügt, wie entfernt werden. Es wird deshalb bei der Wiedergabe der hochaufgelösten Bildinformation in einem Drucker in etwa der gleiche Flächenanteil geschwärzt, wie bei der niedrig aufgelösten Bildinformation.

Im folgenden werden die Regeln erläutert, die bei der Umsetzung der niedrig aufgelösten Bildinformation in die hochaufgelöste Bildinformation angewendet werden: 90-Grad-Ecken erhalten.

Ziel dieser Regel ist es, bei 90-Grad-Ecken, wie sie zum Beispiel bei Strichgrafik-Zeichnungen vorkommen, keine Glättung vorzunehmen. Die Regel gilt für alle vier möglichen Orientierungen, sowohl für den positiven, als auch für den invertierten Fall. Wie in Fig. 8 dargestellt, ergeben sich aus dem in der Fig. 4 links oben dargestellten Regel

$$A \wedge \bar{B} \wedge \bar{C} \wedge \bar{G} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \equiv \text{HP9}$$

durch Drehung und Spiegelung drei weitere Fälle. In all diesen vier Fällen wird das Pixel A durch die hochaufgelöste Kombination HP9 ersetzt. Die Invertierung dieser vier Entscheidungsregeln ist in der unteren Zeile der Fig. 8 dargestellt. Hier wird das Pixel A jeweils durch die Kombination HP0 ersetzt. Durch Anwendung dieser Regeln bleiben 90-Grad-Ecken erhalten.

## Linienelemente glätten

Bei der Glättung von Linienelementen werden drei Fälle F1, F2, F3 unterschieden:

F1: Das zentrale Pixel A ist Teil einer Kontur. Eine Kontur ist ein Übergang eines Bereiches nicht gesetzter Pixel P zu einem Bereich gesetzter Pixel P.

F2: Das zentrale Pixel A befindet sich unmittelbar neben einer Haarlinie aus gesetzten Pixeln P.

F3: Das zentrale Pixel A ist Bestandteil einer Haarlinie aus ungesetzten Pixeln.

Linienelemente können in verschiedenen Steigungen auftreten. In einer Matrix wird diese Steigung in Form von Stufen einer Treppe sichtbar. Das Maß der Steigung kann durch die Breite der einzelnen Treppenstufen angegeben werden. Eine Treppenstufe kann die Breite eines Pixels P, von zwei Pixel P, von drei Pixeln P usw. aufweisen. Die Höhe, die von einer Stufe zur anderen zu überwinden ist, wird auf ein Pixel P festgesetzt. Andere Höhen brauchen nicht getrennt berücksichtigt zu werden, da, wie oben beschrieben, jede Grundregel sieben Folgeregeln beinhaltet, die durch Spiegelungen an der X-Achse und eine Drehung um 90°, sowie durch Invertierung der Grundregel ableitbar sind.

Ein erster Regelsatz, mit dem Linienelemente mit Treppenstrukturen der Form 2-x, 3-x und 4-x mit  $x > 1$  geglättet werden können, ist in Fig. 9 dargestellt. Zur Glättung dieser Treppenstrukturen werden drei Regeln K0, K1, K2 benötigt, die jeweils für jeden der drei oben genannten Fälle F1, F2, F3 unterschieden sind. Die ersten Regeln K0 sind dabei die Grundregeln, aus denen die beiden jeweils folgenden Regeln K1, K2 durch horizontales Verschieben der abzufragenden Pixel P um eine Spalte nach rechts, sowie das Hinzufügen von abzufragenden Pixeln P am linken Rand des Blocks von abzufragenden Pixeln P abgeleitet werden. Abhängig vom Fall F1 lauten die Regeln:

Regel K0-Fall F1:  
 $\bar{A} \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{Z} \wedge K = HP6$

Regel K1-Fall F1:  
 $\bar{A} \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{Z} \wedge K \wedge \bar{y} \wedge a = HP2$

Regel K2-Fall F1:  
 $\bar{A} \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{Z} \wedge K \wedge \bar{y} \wedge \bar{S} \wedge R = HP6$

Durch diese Abhängigkeit der Regeln K0, K1, K2 untereinander ist sichergestellt, daß die zweite oder die dritte Regel K1, K2 immer dann zur Anwendung kommen können, wenn bezüglich des zum gegenwärtigen zentralen Pixel A benachbarten Pixels P die erste Regel K0 angewendet wurde. Da die dritte Regel K2 eine Erweiterung der zweiten Regel K1 darstellt, muß diese dritte Regel K2 vor der zweiten Regel K1 abgefragt werden. Dies kann abhängig von der Realisierung mittels Software oder Hardware durch entsprechende Eintragung im Programmablauf bzw. durch Vergabe von Prioritäten erfolgen.

In entsprechender Weise wird in den anderen beiden in Fig. 9 dargestellten Fällen F2 und F3 verfahren.

Regel K0-Fall F2:  
 $\bar{A} \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{Z} \wedge K \wedge \bar{L} \wedge \bar{N} \wedge \bar{O} \wedge \bar{P} = HP6$

Regel K1-Fall F2:  
 $\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge \bar{I} \wedge \bar{Z} \wedge K \wedge \bar{L} \wedge \bar{M} \wedge \bar{N} \wedge \bar{O} \wedge \bar{P} \wedge \bar{y} \wedge a \wedge \bar{b} = HP2$

Regel K2-Fall F2:  
 $\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge \bar{I} \wedge \bar{Z} \wedge K \wedge \bar{L} \wedge \bar{M} \wedge \bar{N} \wedge \bar{O} \wedge \bar{P} \wedge \bar{y} \wedge a \wedge \bar{b} \wedge \bar{S} \wedge R \wedge \bar{Q} = HP6$

Regel K0-Fall F3:  
 $\bar{A} \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge G \wedge H \wedge \bar{I} \wedge W \wedge X \wedge Y \wedge \bar{Z} \wedge K = HP6$

Regel K1-Fall F3:  
 $\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge G \wedge H \wedge \bar{I} \wedge X \wedge Y \wedge \bar{y} \wedge a \wedge \bar{Z} \wedge K \wedge L = HP2$

Regel K2-Fall F3:  
 $\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge G \wedge H \wedge \bar{I} \wedge Q \wedge \bar{R} \wedge S \wedge X \wedge Y \wedge x \wedge \bar{y} \wedge a \wedge \bar{Z} \wedge K \wedge L = HP2$

Aus den in den jeweiligen Fällen F1, F2, F3 mit den jeweiligen Regeln K0, K1, K2, ergibt sich jeweils eine Kombination HP0... HP15, wie sie in den obigen Regeln K0, K1, K2 als Ergebnis angegeben ist.

Da bei den genannten Regeln K0, K1, K2 zur Glättung von Linienelementen Steigungen mit einem Wechsel der Treppenbreite von 1 nach 2 und umgekehrt wegen der Bedingung  $X > 1$  unberücksichtigt blieben, werden solche Treppenstrukturen von einem zweiten Regelsatz L0, L1, L2, wie in Fig. 10 gezeigt, erfaßt. Auch hier werden die drei oben genannten Fälle F1, F2 und F3 unterschieden. Es ergeben sich daraus folgende neuen Regeln, die jeweils durch Spiegelung, Drehung und Invertierung in weitere sieben Regeln erweitert sind. Es werden dadurch, wie bei allen bisherigen Regeln Steigungen aller vier Richtungen erfaßt und durch die Invertierung ein statistischer Ausgleich hinzugefügter hochaufgelöster Pixel HP und entfernter hochaufgelöster Pixel HP erreicht.

Der Regelsatz L0, L1, L2 zur Erfassung von Treppenstrukturen der Form 1-2-1 lautet:

Regel L0-Fall F1:

$$\bar{A} \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{R} \wedge \bar{S} = \text{HP6}$$

Regel L1-Fall F1:

$$A \wedge B \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge \bar{G} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{R} \wedge \bar{S} \wedge \bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge Z \wedge K = \text{HP13}$$

5

Regel L2-Fall F1:

$$\bar{A} \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z} \wedge K \wedge \bar{x} \wedge y \wedge a \wedge O \wedge P \wedge \bar{Q} \wedge \bar{R} \wedge h \wedge i = \text{HP0}$$

10

Regel L0-Fall F2:

$$\bar{A} \wedge B \wedge \bar{C} \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{R} \wedge \bar{S} \wedge \bar{N} \wedge \bar{O} \wedge \bar{P} = \text{HP6}$$

Regel L1-Fall F2:

$$A \wedge B \wedge \bar{C} \wedge \bar{D} \wedge E \wedge \bar{F} \wedge \bar{G} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{O} \wedge \bar{P} \wedge \bar{R} \wedge \bar{S} \wedge \bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge Z \wedge \bar{K} \wedge \bar{L} = \text{HP13}$$

15

Regel L2-Fall F2:

$$\bar{A} \wedge B \wedge \bar{C} \wedge D \wedge \bar{E} \wedge \bar{F} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{Y} \wedge Z \wedge K \wedge \bar{L} \wedge \bar{x} \wedge y \wedge \bar{a} \wedge \bar{b} \wedge \bar{N} \wedge \bar{O} \wedge P \wedge \bar{Q} \wedge \bar{R} \wedge \bar{g} \wedge \bar{h} \wedge i = \text{HP0}$$

Regel L0-Fall F3:

$$\bar{A} \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge G \wedge H \wedge \bar{I} \wedge S \wedge T = \text{HP6}$$

20

Regel L1-Fall F3:

$$A \wedge B \wedge D \wedge E \wedge \bar{F} \wedge G \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{R} \wedge S \wedge T \wedge V \wedge W \wedge X \wedge \bar{Y} \wedge Z \wedge K = \text{HP13}$$

25

Regel L2-Fall F3:

$$\bar{A} \wedge B \wedge C \wedge D \wedge \bar{E} \wedge \bar{F} \wedge G \wedge H \wedge \bar{I} \wedge W \wedge X \wedge Y \wedge \bar{Z} \wedge K \wedge \bar{x} \wedge y \wedge a \wedge O \wedge P \wedge \bar{Q} \wedge R \wedge S \wedge h \wedge i = \text{HP0}$$

Durch Anwendung der Regeln L0 und L1 können Treppenstrukturen der Form 2-1-2-1 optimal geglättet werden. Treten Treppenstrukturen der Form 1-1-2-1-1-2 auf, wird durch zusätzliche Anwendung der Regel L2 eine optimale Glättung erzielt.

30

#### Zick-Zack-Elemente glätten

Zick-Zack-Elemente sind entweder, wie in Fig. 11A gezeigt, zueinander diagonal versetzte einzelne Pixel P oder, wie in Fig. 12a gezeigt, einzelne in einem Abstand von einem Pixel P zueinander versetzte Pixel P, die an eine Kontur unmittelbar angrenzen. Diese Strukturen können durch Anwendung der in Fig. 11B dargestellten Regel

35

$$\bar{A} \wedge B \wedge \bar{C} \wedge D \wedge \bar{E} \wedge \bar{F} \wedge G \wedge H \wedge \bar{I} \wedge \bar{Z} \wedge \bar{K} \wedge \bar{L} = \text{HP4}$$

40

bzw. durch Anwendung der in Fig. 12B gezeigten Regel

$$\bar{A} \wedge B \wedge \bar{C} \wedge D \wedge H \wedge \bar{I} = \text{HP4}$$

45

vollständig geglättet werden. Aus der Struktur gemäß Fig. 11A entsteht eine gerade Linie der Dicke eines niedrig aufgelösten Pixels P und aus der Struktur gemäß Fig. 12A entsteht eine in der Höhe eines hoch aufgelösten Pixels HP aus der Kontur hervorstehende Erhebung. Auch bei Anwendung dieser Regeln bleibt statistisch gesehen der Grad der Einfärbung konstant.

50

#### Standardglättung

Wenn keine der bisher angeführten Regeln angewendet werden konnte, wird versucht, eine Glättung mit Hilfe zweier Standardregeln, wie sie in Fig. 13 dargestellt sind, vorzunehmen. Die Regeln lauten

55

$$\bar{A} \wedge B \wedge C \wedge D = \text{HP2}$$

und

$$\bar{A} \wedge B \wedge \bar{C} \wedge D \wedge \bar{E} \wedge \bar{F} \wedge \bar{H} \wedge \bar{I} \wedge \bar{K} \wedge \bar{L} \wedge \bar{N} \wedge \bar{O} = \text{HP2}$$

60

Durch Anwendung dieser Regeln werden Treppenstufen 1-1-1 mit der Breite eines Pixels P und der Höhe eines Pixels P durch Hinzufügen oder Wegnehmen eines hochaufgelösten Pixels HP in kleine Stufen der Höhe eines hochaufgelösten Pixels HP aufgeteilt. Die beiden Regeln unterscheiden zwischen der Glättung einer Kontur und der Glättung einer Haarlinie. Auf Grund der besonderen Symmetrieeigenschaften ergeben sich aus jeder der Regeln durch Spiegelung, Drehung und Invertierung lediglich drei weitere Regeln. Auch hier wird die statistische Schwärzung des Druckbildes durch die Glättung nicht verändert.

65



## Keine Glättung

Wenn keine der oben beschriebenen Regeln angewendet werden kann, wird jedes gesetzte Pixel P durch vier hochaufgelöste Pixel HP der gleichen Art dargestellt.

5

## Anwendung der Regeln

Eine Implementierung der Regeln zur Umsetzung einer Bildinformation ist grundsätzlich in Software und in Hardware möglich. Da jedoch bei Druckern hohe Geschwindigkeitsanforderungen gestellt werden, wird die Umsetzung üblicherweise in Hardware realisiert.

10

Die bekannten Umsetzungstechnologien die eine festverdrahteter Logik, einen sogenannten Entscheidungsschaltkreises DUC (Decision Unit Circuit) enthalten, verarbeiten eine große Gruppe von Pixeln, die das umzusetzende Pixel A umgeben. Die Entscheidungseinheit DUC bestimmt, ob ein Pixel P einer Zeichenkante, einer schrägen Linie oder einem Grauschatten zuzuordnen ist. Um eine Betrachtung der großen Gruppe der Umgebungspixel durch die Entscheidungseinheit DUC zu ermöglichen, wird ein Matrixschaltkreis verwendet. Ein Rastergenerator SRA erzeugt zeilenweise Pixel-Daten in einem seriellen Bitformat und taktet diese durch einen First-In-First-Out-Speicher FIFO. Der FIFO wird so groß gewählt, daß er in der Lage ist, einige aufeinanderfolgende Druckzeilen, wie beispielsweise sieben Zeilen, zur gleichen Zeit zu speichern. Dieser FIFO wird häufig unter Verwendung eines einzigen SRAM-Speichers realisiert. In Kombination mit einigen in Serie geschalteten Schieberegistern, beispielsweise sieben Register pro Druckzeile, können alle 49 Pixel zur gleichen Zeit von der Entscheidungseinheit DUC verarbeitet werden. Diese Architektur erlaubt lediglich eine niedrige Taktrate und ist deshalb nur für Drucker mit niedriger Geschwindigkeit, wie z. B. Tischlaserdrucker, geeignet.

20

In Hochgeschwindigkeitsdruckern, wo hohe Anforderungen an die Geschwindigkeit gestellt werden, wird eine Schaltkreiskonfiguration benötigt, die parallele Verarbeitungsmerkmale beinhaltet. Ein solche Merkmale aufweisender elektronischer Schaltkreis HSC ist gemäß Fig. 14 zwischen einen Rastergenerator SRA und einen Zeichengenerator ZG eingefügt. Der Schaltkreis HSC setzt eine vom Rastergenerator SRA gelieferte Bildinformation geringer Auflösung in eine Bildinformation hoher Auflösung um. Als Ergebnis beschreiben die Ausgangsdaten des elektronischen Schaltkreises HSC jeden Teil der Eingangsdaten in hochaufgelöstem Format.

25

Das originale niedrig aufgelöste Bild, das vom Rastergenerator SRA erzeugt wurde, wird in Blöcke von Datenworten aufgeteilt, die sequentiell auf einem parallelen Eingangsbus LRDBUS, der beispielsweise eine Breite von 16 Bit aufweist, dem elektronischen Schaltkreise HSC zugeführt werden. Ein Datenwort enthält 16 Datenbits, die zu druckende Pixel repräsentieren.

30

An der Umsetzung der Pixel sind im wesentlichen drei Komponenten beteiligt:

Der Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO

35

Jede Zeile von niedrig aufgelösten Druckdaten wird durch eine Registerkette getaktet, die, wie in Fig. 15 dargestellt, drei Register REG1, REG2, REG3 und einen SRAM-Speicher SRAM1 enthält. Alle Register REG1, REG2, REG3 und der SRAM-Speicher SRAM1 haben eine Breite von 16 Bit und stellen somit einen parallelen Bus-FIFO-Speicher PB-FIFO zur zeilenweisen Speicherung von Druckdaten dar. Die Druckdaten werden vom parallelen Eingangsbus LRDBUS, der mit dem Eingang des ersten Registers REG1 gekoppelt ist, an den Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO übergeben. Der Ausgang des ersten Registers REG1 ist über eine drei Bit breite Datenleitung mit dem Eingang eines ersten zwei zu eins Multiplexers MUX1 und über eine 16 Bit breite Datenleitung mit dem Eingang des zweiten Registers REG2 gekoppelt. Der Ausgang des zweiten Registers REG2 ist über eine 16 Bit breite Datenleitung mit dem Eingang eines zweiten zwei zu eins Multiplexers MUX2 und über eine 16 Bit breite Datenleitung mit dem Eingang des dritten Registers REG3 gekoppelt. Der Ausgang des dritten Registers REG3 ist über eine drei Bit breite Datenleitung mit dem Eingang eines dritten zwei zu eins Multiplexers MUX3 und über eine 16 Bit breite Datenleitung mit dem Eingang eines ersten SRAM-Speichers SRAM1 gekoppelt. Die Ausgänge des ersten, zweiten und dritten Multiplexers MUX1, MUX2, MUX3 sind zu einer 22 Bit breiten Datenleitung L1 zusammengefaßt, die mit der Entscheidungseinheit DUC gekoppelt ist (Fig. 14). Der erste SRAM-Speicher SRAM1 übergibt mittels einer 16 Bit breiten Datenleitung Ausgangsdaten DOUT1 an eine nachfolgende Registerkette. Diese nachfolgende Registerkette weist einen identischen Aufbau auf.

45

50

Der Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO enthält gemäß Fig. 16 sieben im wesentlichen identisch aufgebaute Registerketten. Lediglich dem elften Register REG11 in der vierten Registerkette ist kein Multiplexer zugeordnet. Der Ausgang des elften Registers REG11 ist unmittelbar mit den jeweils drei Bit breiten Ausgängen des zehnten und des zwölften Multiplexers MUX10, MUX12 zu einer 22 Bit breiten Datenleitung L4 zusammengefaßt. Desweiteren fehlt am Ende der siebten Registerkette ein SRAM-Speicher. Der Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO ist damit in der Lage, etwa sieben aufeinanderfolgende Zeilen von mit 300 dpi aufgelösten Druckdaten zu speichern und den Zugriff auf 16 aufeinanderfolgende Pixel einer Druckzeile mit all den diese Druckzeile umgebenden 48 Pixeln verfügbar zu machen. Nicht mehr benötigte Pixel werden am Ende der letzten Registerkette verworfen.

55

60

Eine nicht dargestellte Adreßsteuerung Parallelbus-FIFO-Speichers PB-FIFO ist so konfiguriert, daß jeweils eine Gruppe von drei Registern REG1 ... REG21 und ein SRAM-Speicher SRAM1 ... SRAM6 genau eine Druckzeile mit 300 dpi-Auflösung aufnehmen können. Die SRAM-Speicher SRAM1 ... SRAM6 sind nach dem "First In First Out"-(FIFO-)Prinzip konfiguriert. Dies erlaubt eine wirkungsvolle Integration von hunderten von Registern des bei den Registern REG1 ... REG21 verwendeten Typs. Die SRAM-Speicher SRAM1 ... SRAM6 sind damit in der Lage eine große Datenmenge in kompakter Form zu speichern. Ein Zugriff ist jedoch je SRAM-Speicher SRAM1 ... SRAM6 nur auf einen einfachen Datenblock von 16 Bit zu einer Zeit möglich. Die Register REG1 ... REG21 der Registerketten ermöglichen einen gleichzeitigen Zugriff auf eine größere Daten-

65



menge. Wenn die 300 dpi-Daten durch den Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO getaktet werden, durchqueren sie alle Register REG1 ... REG21 und SRAM-Speicher SRAM1 ... SRAM6.

Fig. 17 zeigt einen matrixartig angeordneten Ausschnitt von Daten sieben aufeinanderfolgender Zeilen einer niedrig aufgelösten Bildinformation. Diese Daten sind in den Registern REG1 ... REG21 gespeichert. Über die Datenleitungen L1 ... L7, die den Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO mit der Entscheidungseinheit DUC koppeln, ist ein sieben Zeilen und zweiundzwanzig Spalten umfassender Ausschnitt aus der niedrig aufgelösten Bildinformation transparent. Dieser transparente Bereich BE4 ist in der Fig. 17 schraffiert dargestellt. Jedes Register REG1 ... REG21 enthält 16 Bit einer Zeile einer Bildinformation.

Die Matrix, die die in den ersten Registern REG1, REG4, REG7, REG10, REG13, REG16, REG19 der Registerketten gespeicherte Bildinformation enthält, ist in der Fig. 17 durch den ersten Bereich BE1 markiert. Diesem ersten Bereich BE1 unmittelbar angeschlossen ist ein zweiter Bereich BE2, der die in den zweiten Registern REG2, REG5, REG8, REG11, REG14, REG17, REG20 der Registerketten gespeicherte Bildinformation enthält. Diesem zweiten Bereich BE2 unmittelbar angeschlossen ist ein dritter Bereich BE3, der die in den dritten Registern REG3, REG6, REG9, REG12, REG15, REG18, REG21 der Registerketten gespeicherte Bildinformation enthält. Das zentrale Register REG11 enthält stets die in das 600 dpi-Format umsetzenden Pixel A1 ... A16. Die anderen, jeweils zur Umsetzung benötigten 48 Pixel P sind im zentralen, schraffierten Bereich BE4 zur Verarbeitung verfügbar.

In den meisten Druckanwendungen finden sich am Beginn und am Ende jeder Seite eine Anzahl von beispielsweise vier leeren, also druckbildfreien Zeilen. Für den Fall, daß diese Leerzeilen nicht vorhanden sind, wurden die Daten von einer Seite auf nicht unterscheidbare Weise mit den Daten einer Folgeseite vermischt. Dies kann dadurch vermieden werden, daß der Ausgang jedes Registers REG1 ... REG10, REG12 ... REG21, mit Ausnahme des zentralen Registers REG11, mit dem Eingang eines zwei zu eins Multiplexers MUX1 ... MUX21 gekoppelt wird. Mit Hilfe der Multiplexer MUX1 ... MUX21 kann von den tatsächlich im Register REG gespeicherten Daten zu Blankdaten BLD, die am zweiten Eingang jedes Multiplexers MUX1 ... MUX21 anliegen, umgeschaltet werden.

#### Entscheidungseinheit DUC

Die Entscheidungseinheit DUC enthält in festverdrahteter Form die Regeln zur Umsetzung der 300 dpi-Daten in 600 dpi-Daten. Es arbeiten, wie in Fig. 18 gezeigt, 16 Entscheidungseinheiten DUC parallel und unabhängig voneinander, um 16 Pixel A1 ... A16 einer Auflösung von 300 dpi in 64 hochaufgelöste Pixel HP mit 600 dpi umzusetzen. Diese Daten werden in aufeinanderfolgende Zeilen mit 600 dpi aufgeteilt.

Während des Umsetzungsvorgangs verwertet jede Entscheidungseinheit DUC die 48 benachbarten Pixel eines umzusetzenden Pixels A1 ... A16 im 300 dpi-Raster. Um die Betrachtung der das umzusetzende Pixel A1 ... A16 umgebenden Pixel P zu ermöglichen, werden die 49 Eingänge jeder Entscheidungseinheit DUC mit einer Auswahl von Leitungen aus den sieben 22 Bit breiten Datenleitungen L1 ... L7 gekoppelt. Zur Umsetzung des Pixels A1, das ist in der Fig. 17 das Pixel A1 in der Zeile 4 in Spalte 17, werden beispielsweise mit der ersten Entscheidungseinheit DUC1 die Leitungen gekoppelt, die den Kreuzungspunkten der Spalten 14 bis 20 und der Zeilen 1 bis 7 zugeordnet sind.

Jede Entscheidungseinheit DUC1 ... DUC16 enthält nur nicht getaktete Logik, wie NAND- und NOR-Gatter und erzeugt mindestens vier Ausgangssignale HPO, die die vier hochaufgelösten Pixel HP repräsentieren, die aus einem 300 dpi-Pixel A erzeugt wurden. Die Generierungszeit für die hochaufgelösten Daten hängt nur von der Signallaufzeit durch die Entscheidungseinheiten DUC ab. Wenn der Druckkopf des Zeichengenerators ZG in der Lage ist, den Durchmesser der hochaufgelösten Pixel zu modulieren, dann werden entsprechend mehr Ausgangssignale HPO der Entscheidungseinheiten DUC benötigt.

#### c) Ausgangsschaltkreis OUTC

Der Ausgangsschaltkreis OUTC ist in Fig. 19 dargestellt. Er sorgt dafür, daß die hochaufgelösten 600 dpi-Daten zeilenweise ausgegeben werden können, obwohl sie von den Entscheidungseinheiten DUC1 ... DUC7 simultan erzeugt werden. Dazu werden die Ausgangssignale HPO der Entscheidungseinheiten DUC1 ... DUC7 an die Eingänge zweier Register REG22, REG23 geführt. Deren Ausgänge sind mit einer Speichereinheit SRAM7 gekoppelt, wo die Ausgangssignale zeilenweise zwischengespeichert werden.

Die hochaufgelösten 600 dpi-Daten werden von der Speichereinheit SRAM7 zum Eingang eines Registers REG24 ausgelesen. Von diesem werden die hochaufgelösten 600 dpi-Daten auf einen 32 Bit breiten Bus HPO gegeben, der die Daten zum Zeichengenerator ZG überträgt. Die Ausgabe der Zeilen erfolgt, während eine nachfolgende 300 dpi-Zeile in den Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO getaktet wird. Durch die doppelte Breite des Ausgabebusses HRD gegenüber dem Eingangsbus LRDBUS werden die hochaufgelösten Daten mit einer doppelt so hohen Rate ausgelesen, wie die 300 dpi-Daten eingelesen werden.

Ein Steuerbus CBUS ist mit dem Rastergenerator, dem elektronischen Schaltkreis HSC und dem Zeichengenerator ZG gekoppelt. Wenn der Rastergenerator SRA eine Seite von Druckdaten erzeugt hat, meldet er dies über den Steuerbus CBUS der Steuerungselektronik des Zeichengenerators ZG. Diese erkennt dann, daß Daten verfügbar sind. Der Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO und der Ausgangsschaltkreis OUTC müssen nun zurückgesetzt werden, wenn es sich um die erste zu druckende Seite nach dem Einschalten des Druckers handelt. Wenn jedoch gerade eine Seite gedruckt worden war, müssen während die neue Seite durch den Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO getaktet wird, die ersten zehn Multiplexer MUX1 ... MUX10, die mit den Register REG1 ... REG10 gekoppelt sind, dann zum Eingang mit den Leerzeichen BLD umgeschaltet werden, wenn die neuen Daten die entsprechenden Register REG1 ... REG10 erreichen. Der Zeichengenerator ZG sendet ein Daten-

taktsignal zum Rastergenerator SRA um den ersten Block der 300 dpi-Daten auf dem Eingangsbus LRDBUS zu platzieren. Diese Daten werden mit der steigenden Flanke des Datentaktsignals in den Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO getaktet. Alle nachfolgenden Datentaktimpulse schieben den jeweils nachfolgenden 300 dpi-Datenblock in den Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO und schieben die anderen Daten im Parallelbus-FIFO-Speicher PB-FIFO weiter. Der Rastergenerator SRA überträgt die 300 dpi-Daten stets zeilenweise, und innerhalb einer Zeile werden die Datenblöcke sequentiell auf dem 16 Bit Bus beispielsweise die Pixel 0 bis 15, die Pixel 16 bis 31, die Pixel 32 bis 47 usw. platziert.

Wenn die Daten für die neue Seite, das elfte Register REG11 erreicht haben, kann die Entscheidungseinheit DUC, die 64 entsprechenden hochauflösten Ausgangspixel HP erzeugen und in der Speichereinheit SRAM7 des Ausgangsschaltkreises OUTC speichern. Weitere 600 dpi-Daten werden mit jedem nachfolgenden Datentaktimpuls erzeugt. Nachdem die zwei kompletten Zeilen aus 600 dpi-Daten aus einer Zeile von 300 dpi-Daten erzeugt worden sind, können die 600 dpi-Druckdaten dieser Zeilen, die in der Speichereinheit SRAM7 des Ausgangsschaltkreises OUTC gespeichert sind, auf dem 32 Bit Ausgangsbuss HRD mit der doppelten Frequenz der nachfolgenden 300 dpi-Zeile ausgelesen werden. Diese 600 dpi-Daten müssen nun in den LED-Druckkamm des Zeichengenerators eingeschrieben werden, bevor der eigentliche Druck beginnen kann.

Durch die beschriebene Druckdatenaufbereitung wird der Datentransfer zwischen dem Rastergenerator SRA und dem Zeichengenerator ZG um mehr als vier niedrig aufgelöste Druckzeilendauern verzögert. Diese Verzögerung muß bei der Druckersteuerung berücksichtigt und kompensiert werden. Wenn der Rastergenerator SRA den letzten 300 dpi-Datenblock der aktuellen Seite auf den Datenbus übertragen hat, gibt der Rastergenerator SRA ein Signal an den Steuerbus CBUS. Dieses Signal kann dazu genutzt werden, die ersten zehn Multiplexer MUX1 ... MUX10 des Parallelbus-FIFO-Speichers PB-FIFO rechtzeitig umzuschalten, bevor die neuen Daten die den Multiplexern MUX1 ... 10 zugeordneten Register REG1 ... REG10 erreichen. Dies stellt sicher, daß die Entscheidungseinheiten DUC1 ... DUC16 die Daten einer Seite nicht mit den Daten der Folgeseite vermischen. Wenn die Druckdaten einer neuen Seite endgültig in das Register REG11 übergeben sind, dann werden die Multiplexer MU-X1 ... MUX10 wieder umgeschaltet und der Ausgang der Register REG1 ... REG10 damit durch die Multiplexer MUX1 ... MUX10 weitergegeben. Zur gleichen Zeit werden die Multiplexer MUX12 ... MUX21, die mit den Registern REG12 ... REG21 gekoppelt sind, auf die Blankdaten umgeschaltet. Jeder dieser nachfolgenden Multiplexer MUX12 ... MUX21 wird erst dann die Verbindung zum entsprechenden Register REG12 ... REG21 durchschalten, wenn der erste Block mit Druckdaten, der der neuen Seite angehört, das jeweilige Register REG12 ... REG21 erreicht hat.

Obwohl das oben beschriebene Beispiel eine Umsetzung von Druckdaten mit 300 dpi-Auflösung in 600 dpi aufgelöste Daten beschreibt, kann die Schaltung auch für eine andere Umsetzung, beispielsweise von 240 dpi auf 480 dpi, von 300 dpi nach 900 dpi usw. angewendet werden. Der Gebrauch eines 16 Bit und eines 32 Bit Datenbusses für Ein- und Ausgang, ist nicht zwangsweise erforderlich. Änderungen am Registerdesign und am Zeitdiagramm können vorgenommen werden, um andere Busbreiten zu unterstützen. Schließlich kann die Erfindung bei entsprechendem Algorithmus in der Umsetzungseinheit DUC an Stelle der Daten in zwei Pegeln (ohne Steuerung des Pixeldurchmessers) in einen Mehr-Level-Druckdatenstrom (variable Pixeldurchmesser) geändert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steigerung der Bildqualität in Bildausgabegeräten mit einer Bildwiedergabeeinheit (ZG) für die Wiedergabe einer matrixartigen Bildinformation hoher Auflösung, wobei den Bildausgabegeräten eine Bildinformation niedriger Auflösung zur Verfügung steht, mit folgenden Verfahrensschritten:
  - Erfassung eines umzusetzenden Pixels (A) und einer Anzahl von Umgebungspixeln (P),
  - Ermitteln einer Matrix von hochauflösten Pixeln (HP), die das umzusetzende Pixel (A) ersetzen, mittels eines Vergleichs des erfaßten Pixelmusters niedriger Auflösung mit
    - einem Satz von vorgegebenen Pixelmustern niedriger Auflösung, denen jeweils eine Matrix von hochauflösten Pixeln (HP) zugeordnet ist und
    - einem zweiten Satz von Pixelmustern niedriger Auflösung, der aus einer Invertierung des ersten Satzes von vorgegebenen Pixelmustern gebildet ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1 bei dem sich ein Satz von Pixelmustern aus einer Mehrzahl von Regeln und Folgeregeln zusammensetzt, wobei die Folgeregeln jeweils aus einer Regel hervorgehen durch
  - Spiegelung an einer durch das umzusetzende Pixel (A) verlaufenden Achse,
  - Drehung um 90 Grad um das umzusetzende Pixel (A), und
  - Spiegelung an der durch das umzusetzende Pixel (A) verlaufenden Achse.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2 bei dem der Satz von vorgegebenen Pixelmustern solche Muster enthält, mit denen auf das Vorhandensein von 90°-Grad-Ecken geschlossen werden kann, wodurch solche Ecken in der Bildinformation hoher Auflösung erhalten bleiben.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3 bei dem Regeln zum Glätten bestimmter Steigungen im Pixelmuster bestimmt sind, wobei die Steigung durch die Anzahl benachbarter Pixel (P) in einer Zeile oder Spalte von einem Spalten bzw. Zeilenwechsel zum nächsten bestimmt ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4 bei dem die Regeln zum Glätten bestimmter Steigungen weiter danach unterschieden werden, ob das umzusetzende Pixel (A)
  - Teil einer Kontur ist,
  - sich unmittelbar neben einer Haarlinie aus gesetzten Pixeln (P) befindet, und
  - Bestandteil einer Haarlinie aus ungesetzten Pixeln (P) ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 bei dem der Satz von vorgegebenen Pixelmustern solche

Muster enthält, mit denen auf das Vorhandensein von wechselweise diagonal verletzten Pixeln (P) geschlossen werden kann.

7. Verfahren nach Anspruch 6 bei dem Muster mit wechselweise diagonal versetzten Pixeln (P) weiter danach unterschieden werden, ob das umzusetzende Pixel (A) angehört

- einer Gruppe von einzelnen Pixeln (P) oder
- einer Gruppe von unmittelbar an eine Kontur angrenzenden Pixeln (P).

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 bei dem die Sätze von vorgegebenen Pixelmustern in Form von booleschen Gleichungen ausgedrückt werden und dadurch logisch mit dem entsprechend formulierten Pixelmuster, das das umzusetzende Pixel (A) enthält, verknüpfbar sind.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 bei dem eine Umsetzung von einer Bildinformation niedriger Auflösung in eine Bildinformation hoher Auflösung dadurch erfolgt, daß die Größe der Matrix von hochauflösten Pixeln (HP) in einem periodisch wiederkehrenden Muster schwankt.

10. Vorrichtung zur Steigerung der Bildqualität in Bildausgabegeräten mit einer Bildwiedergabeeinheit (ZG) für die Wiedergabe einer matrixartigen Bildinformation hoher Auflösung, wobei den Bildausgabegeräten eine Bildinformation niedriger Auflösung zur Verfügung steht, mit folgenden Mitteln

- zur Erfassung eines umzusetzenden Pixels (A) und einer Anzahl von Umgebungspixeln (P),
- zum Ermitteln einer Matrix von hochauflösten Pixeln (HP), die das umzusetzende Pixel (A) ersetzen, mittels eines Vergleichs des erfaßten Pixelmusters niedriger Auflösung mit
- einem Satz von vorgegebenen Pixelmustern niedriger Auflösung, denen jeweils eine Matrix von hochauflösten Pixeln (HP) zugeordnet ist und
- einem zweiten Satz von Pixelmustern niedriger Auflösung, der aus einer Invertierung des ersten Satzes von vorgegebenen Pixelmustern gebildet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10 bei der die Mittel durch einen zwischen eine Rastereinheit (SRA) und die Bildwiedergabeeinheit (ZG) eingefügten elektronischen Schaltkreis gebildet sind, der enthält:

- eine Mehrzahl von Registerketten durch die die Bildinformation niedriger Auflösung so schiebbar ist, daß in jeder Registerkette eine Zeile oder Spalte der Bildinformation zumindest teilweise enthalten ist, wodurch das umzusetzende Pixels (A) und die benötigte Anzahl von Umgebungspixeln (P) an den Ausgängen der Registerketten parallel verfügbar sind,
- mindestens eine mit den Ausgängen der Registerketten gekoppelten Entscheidungseinheit (DUC), die Sätze von vorgegebenen Pixelmustern in Form eines logischen Schaltnetzes enthält und an ihrem Ausgang die resultierende Matrix von hochauflösten Pixeln (HP) zur Verfügung stellt und
- einen Ausgangsschaltkreis (OUTC) der die resultierenden Matrizen von hochauflösten Pixeln (HP) in zeilenweise oder spaltenweise ausgbare Bildinformationen umformt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11 bei der den in den Registerketten enthaltenen Registern (REG1 ... REG10, REG12 ... REG21), die die Umgebungspixel (P) des umzusetzenden Pixels (A1 ... A16) enthalten, an ihren Ausgängen mit Multiplexern (MUX1 ... MUX10, MUX12 ... MUX21) gekoppelt sind, über deren zweite Eingänge vorbestimmte Bilddaten eingebbar sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 12 bei der durch die Registerketten Datenworte parallel schiebbar sind, so daß eine Mehrzahl von niedrig aufgelösten Pixeln (A1 ... A16) parallel umsetzbar sind.

14. Verwendung des Verfahrens gemäß der Ansprüche 1 bis 9 und der Vorrichtung gemäß der Ansprüche 10 bis 13 in einem Hochgeschwindigkeitsdruck- oder Kopiergerät.

15. Verwendung des Verfahrens gemäß der Ansprüche 1 bis 9 und der Vorrichtung gemäß der Ansprüche 10 bis 13 zur Dekompression bei einer Faximile-Übertragung.

Hierzu 15 Seite(n) Zeichnungen

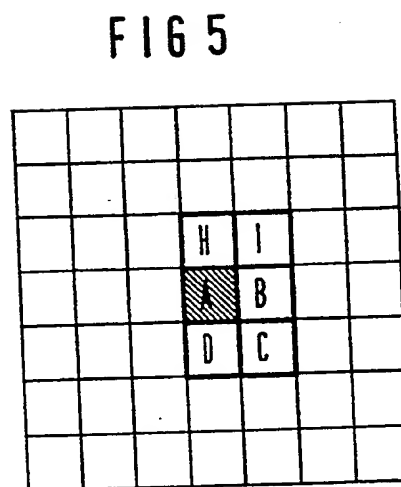
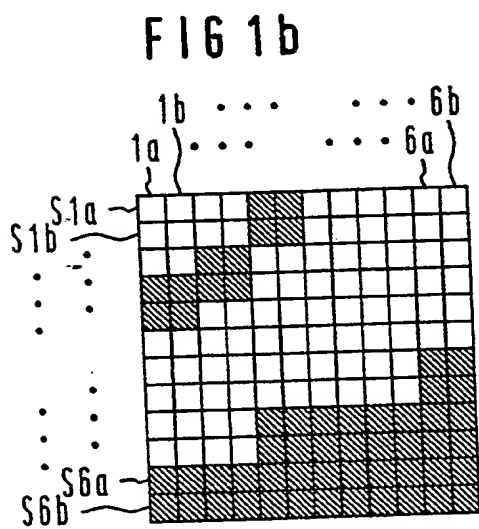
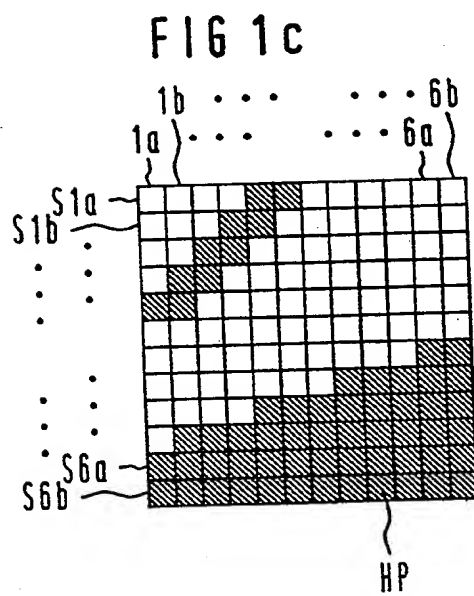
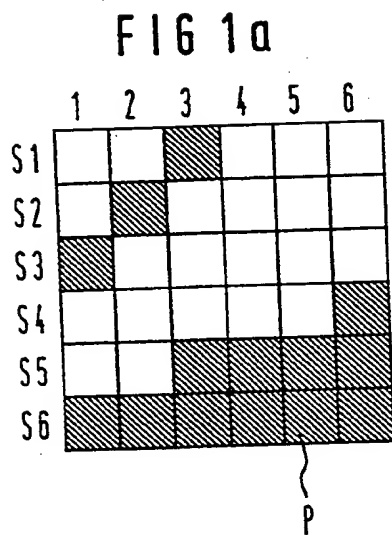


FIG 2

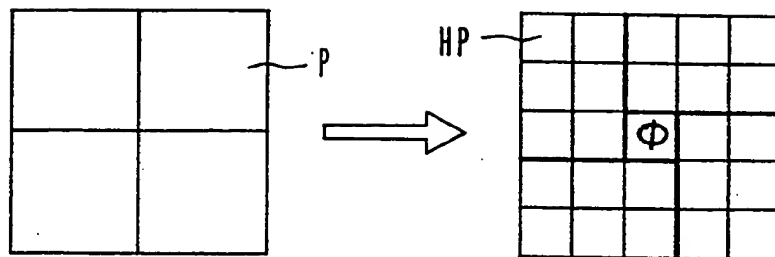


FIG 3

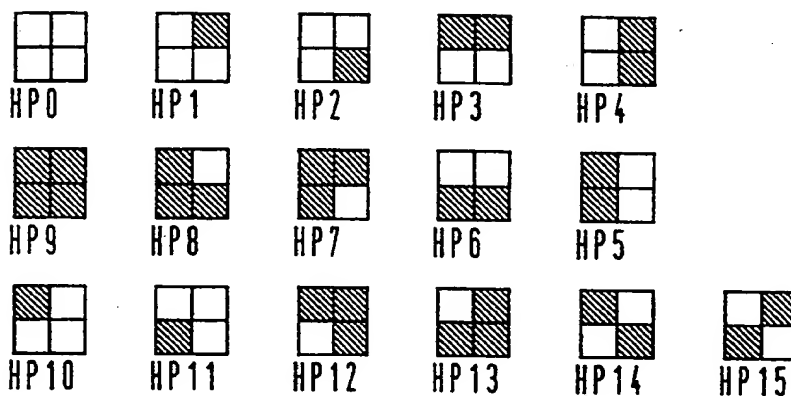


FIG 4

q	r	s	t	u	v	w
p	U	V	W	X	Y	x
o	T	G	H	I	Z	y
n	S	F	A	B	K	a
m	R	E	D	C	L	b
l	Q	P	O	N	M	c
k	i	h	g	f	e	d

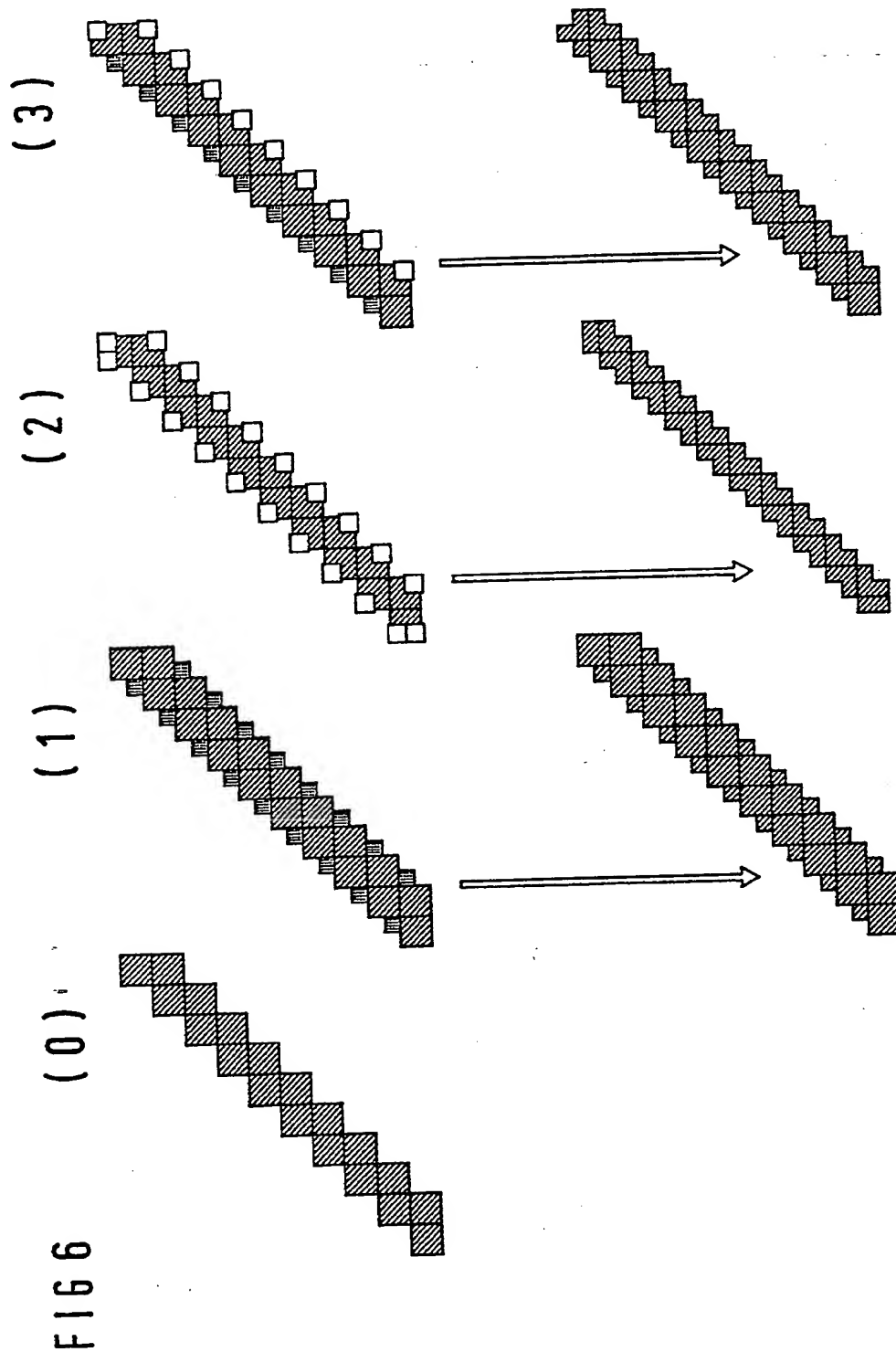


FIG 7

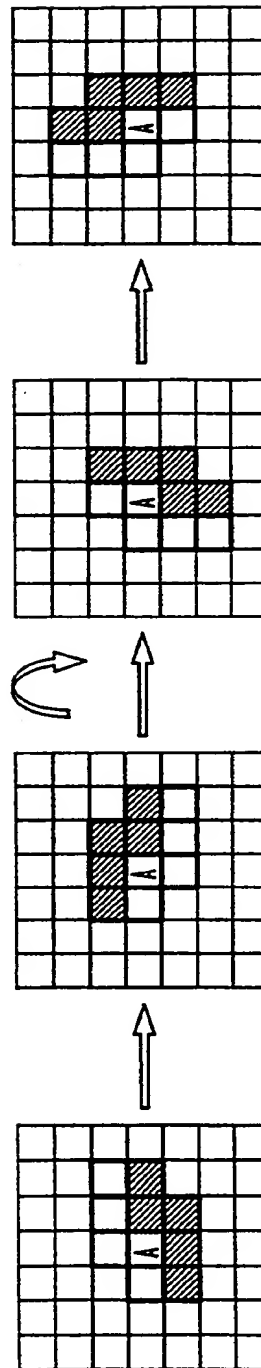
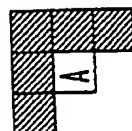
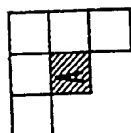
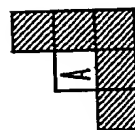
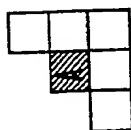
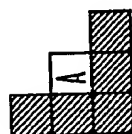
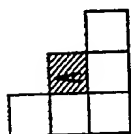
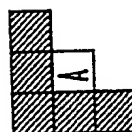
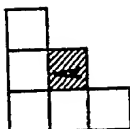
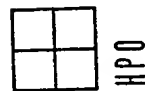
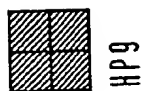
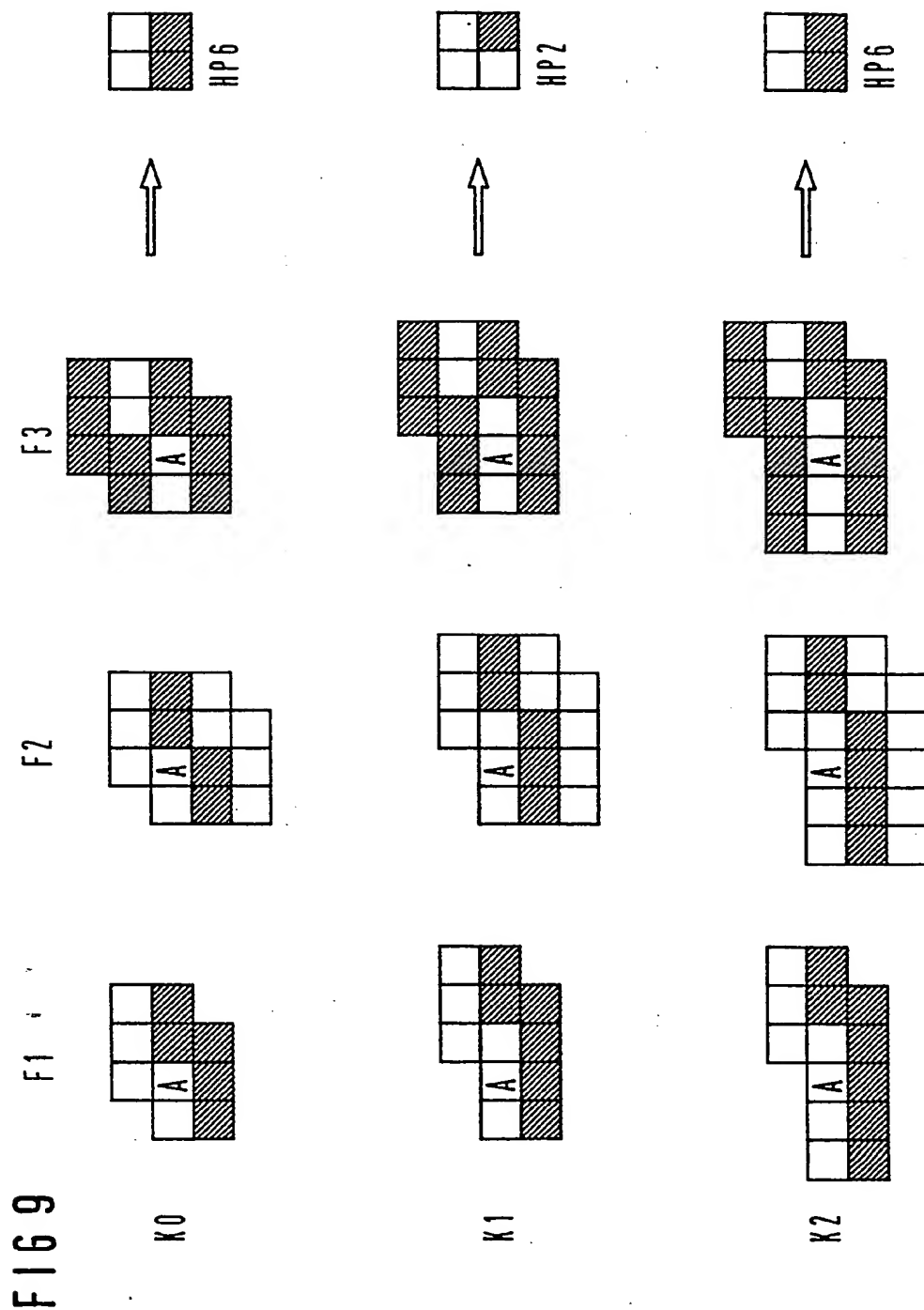




FIG 8





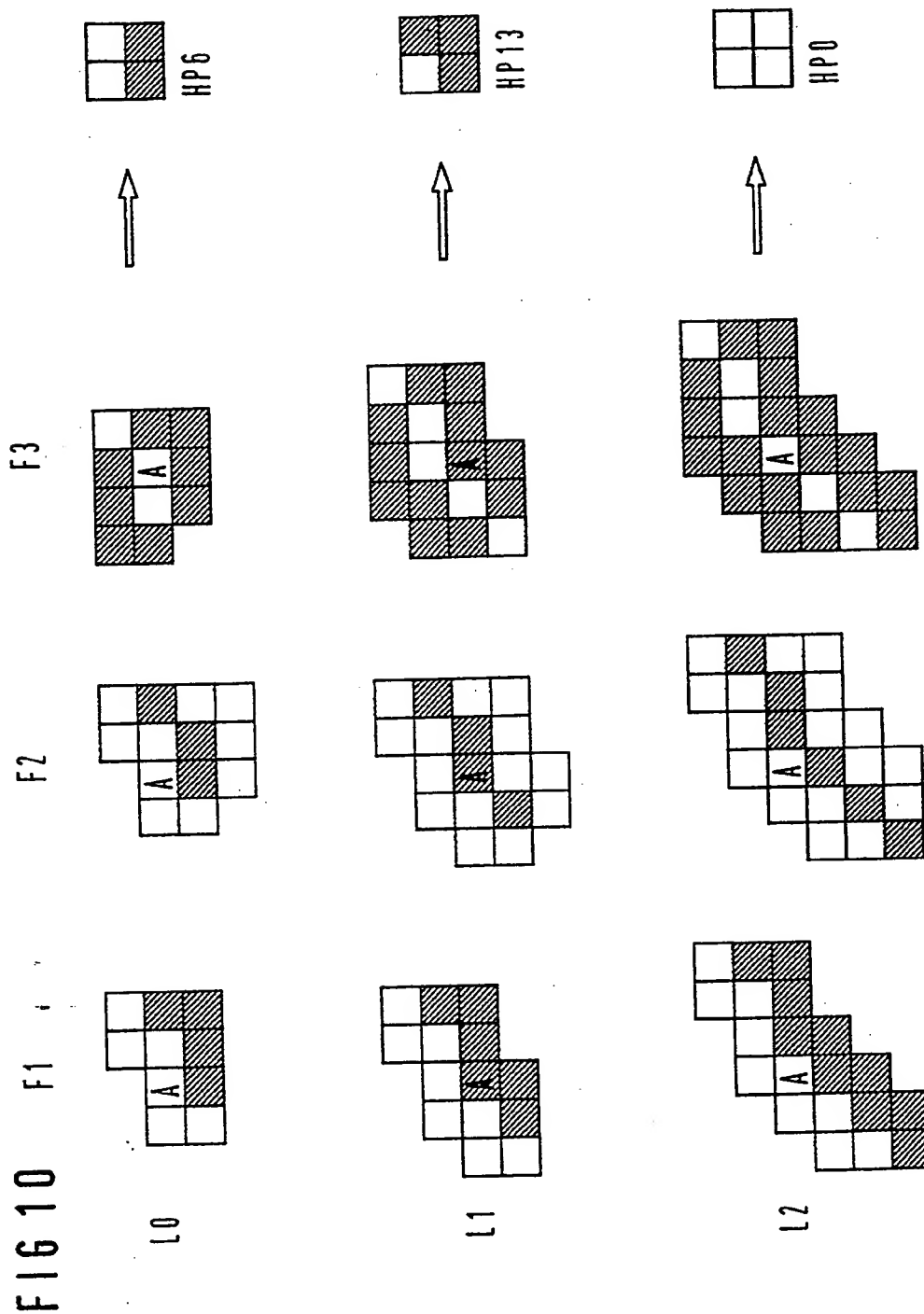


FIG 11a

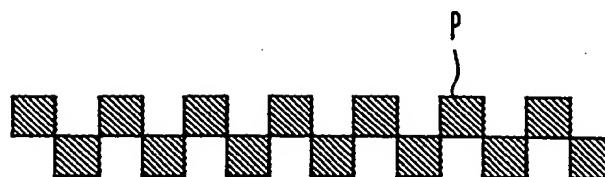


FIG 11b

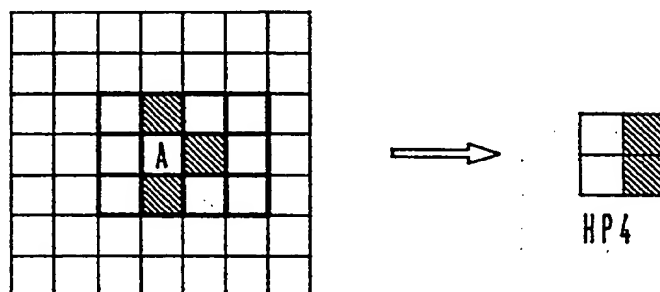


FIG 12a

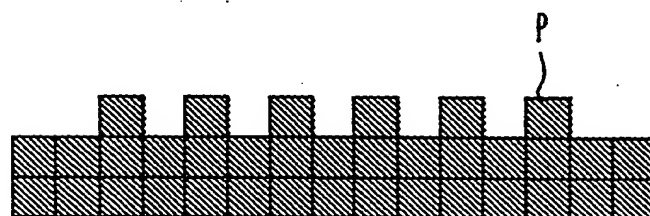


FIG 12b

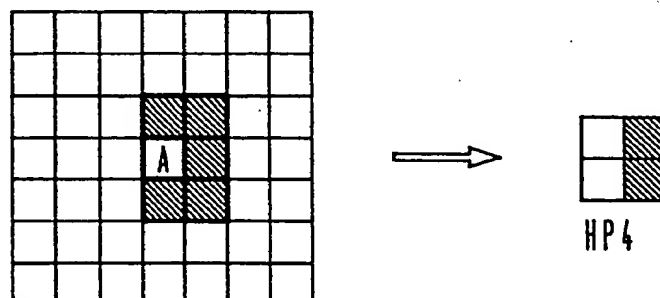


FIG 13

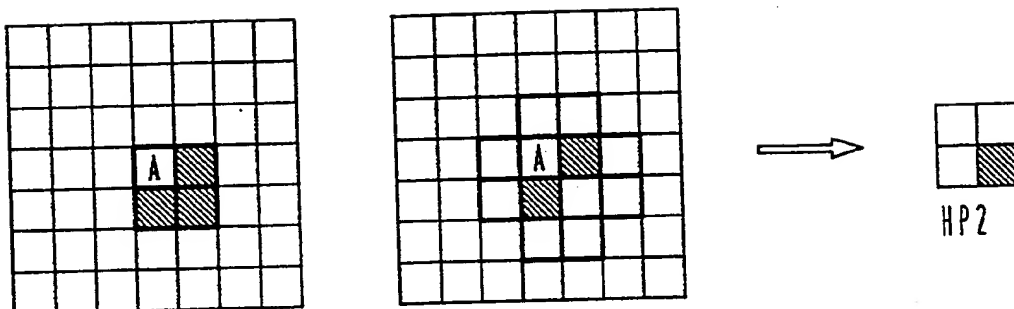


FIG 14

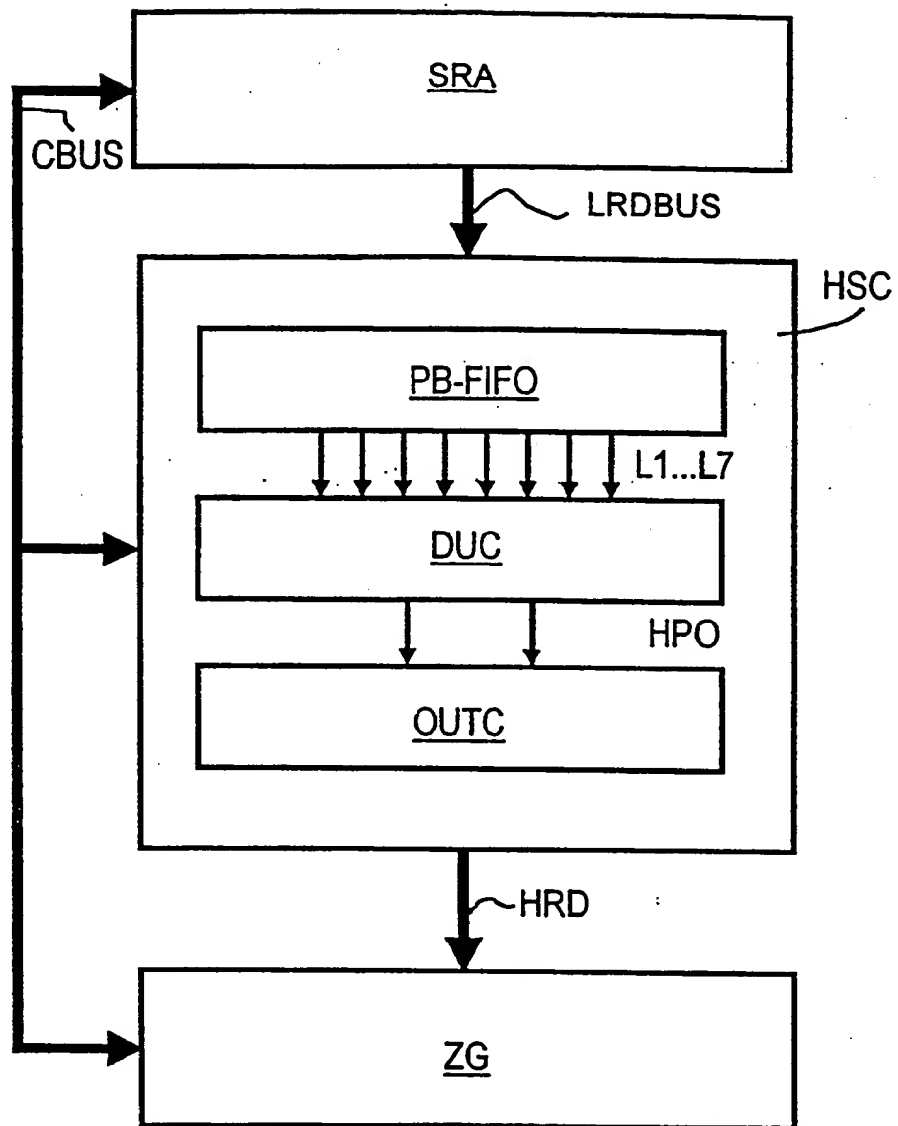


FIG 15

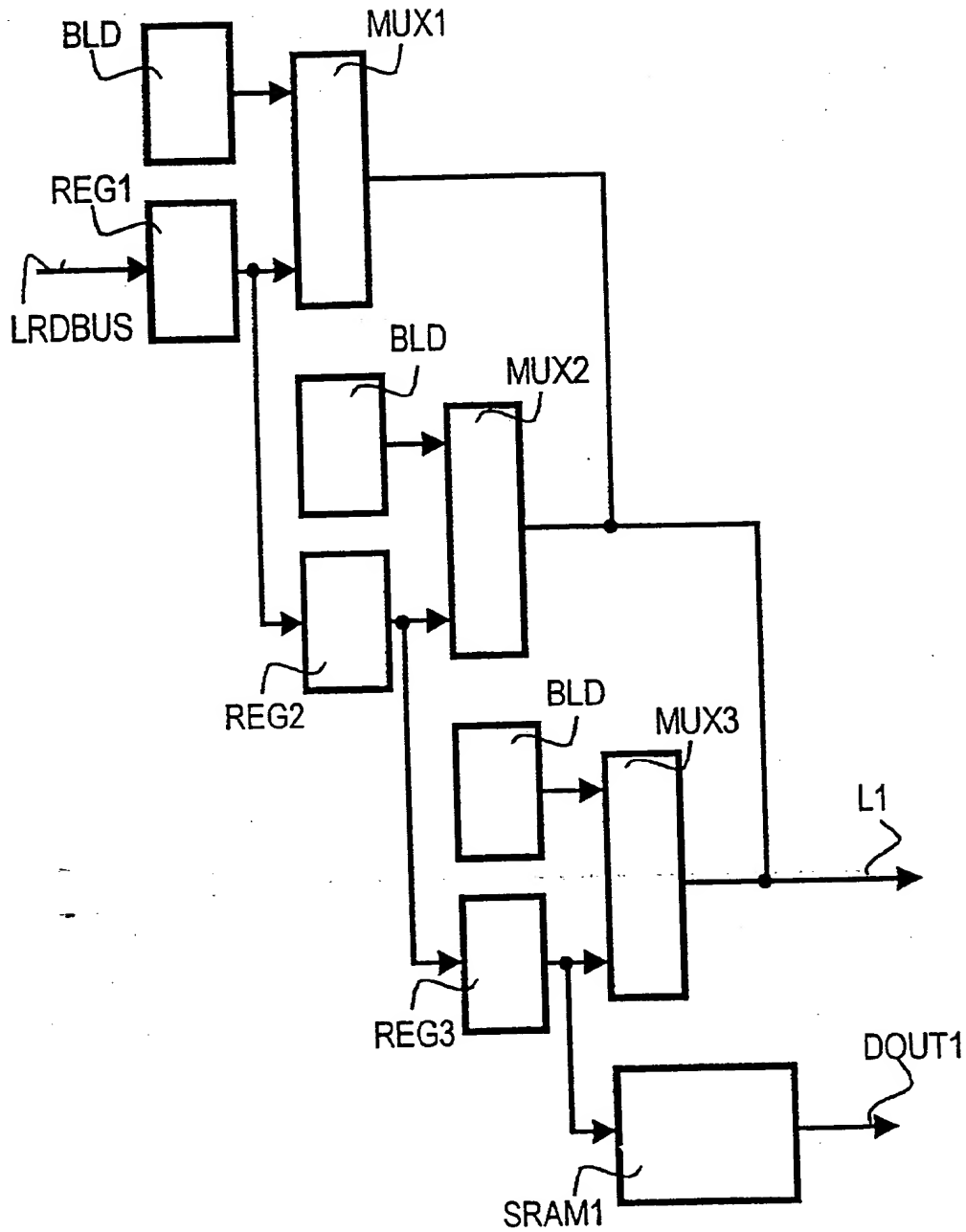




FIG 16

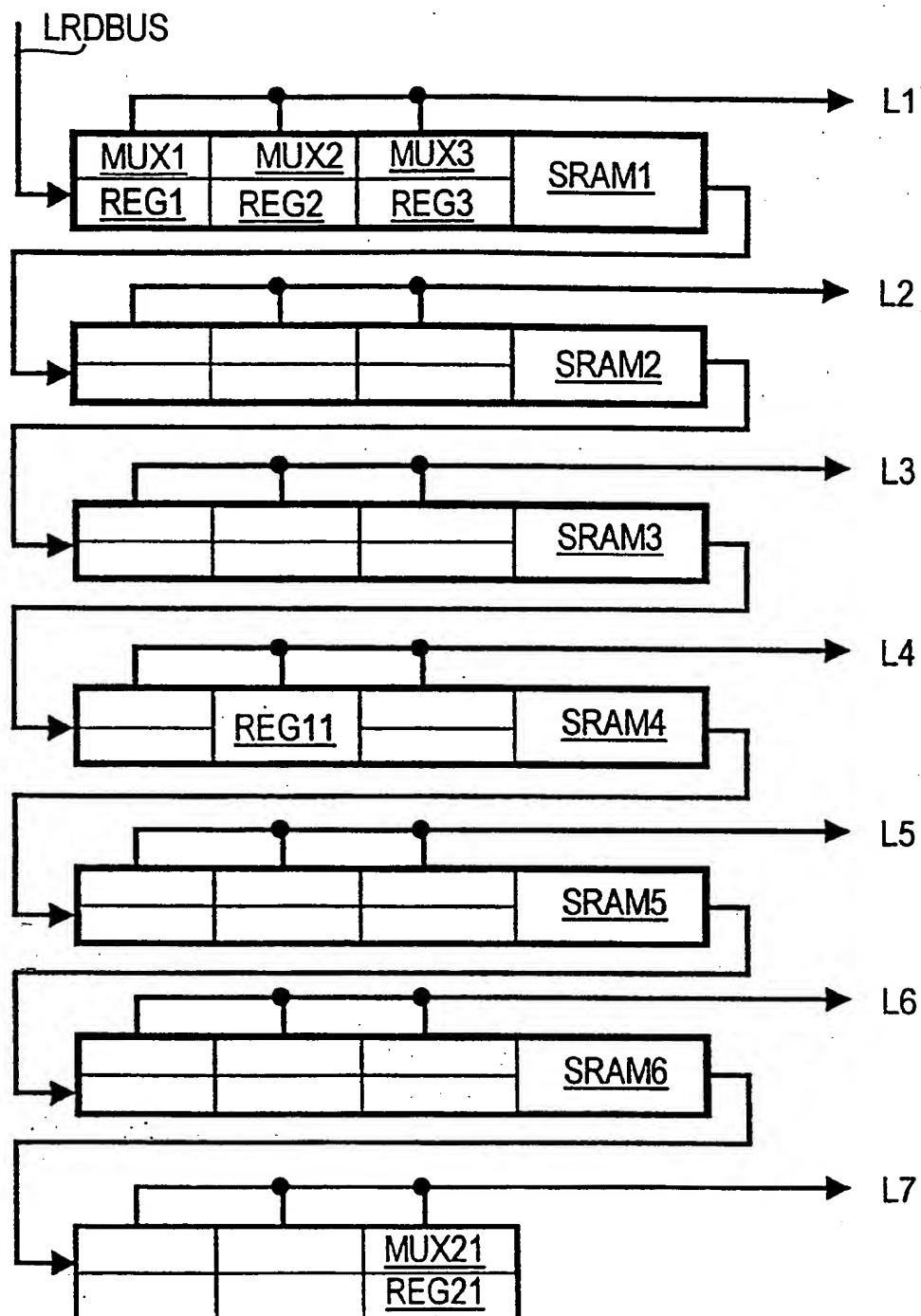


FIG 17

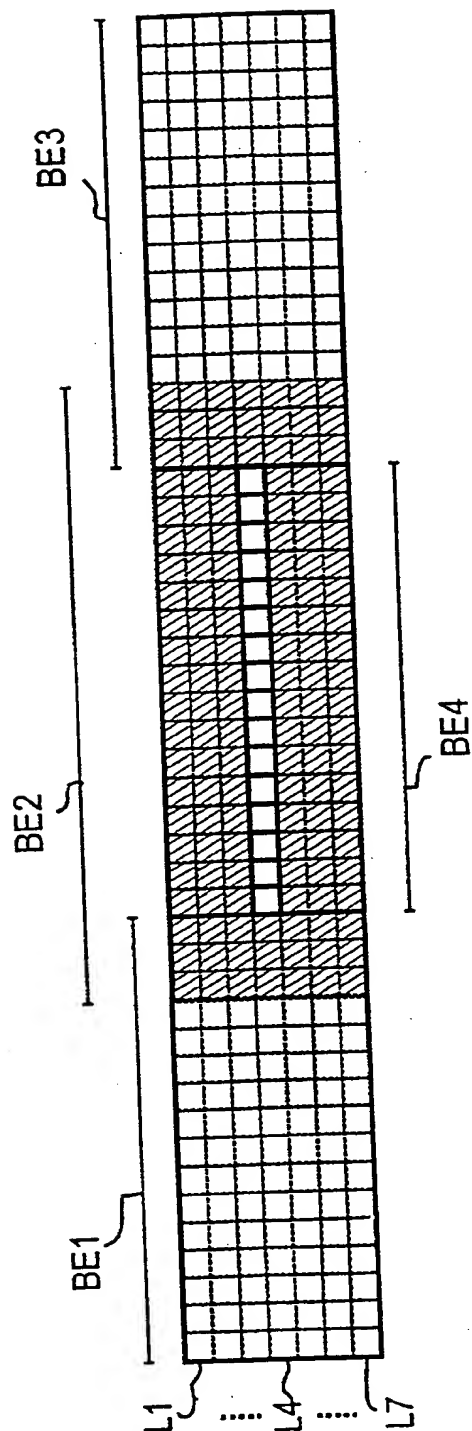


FIG 18

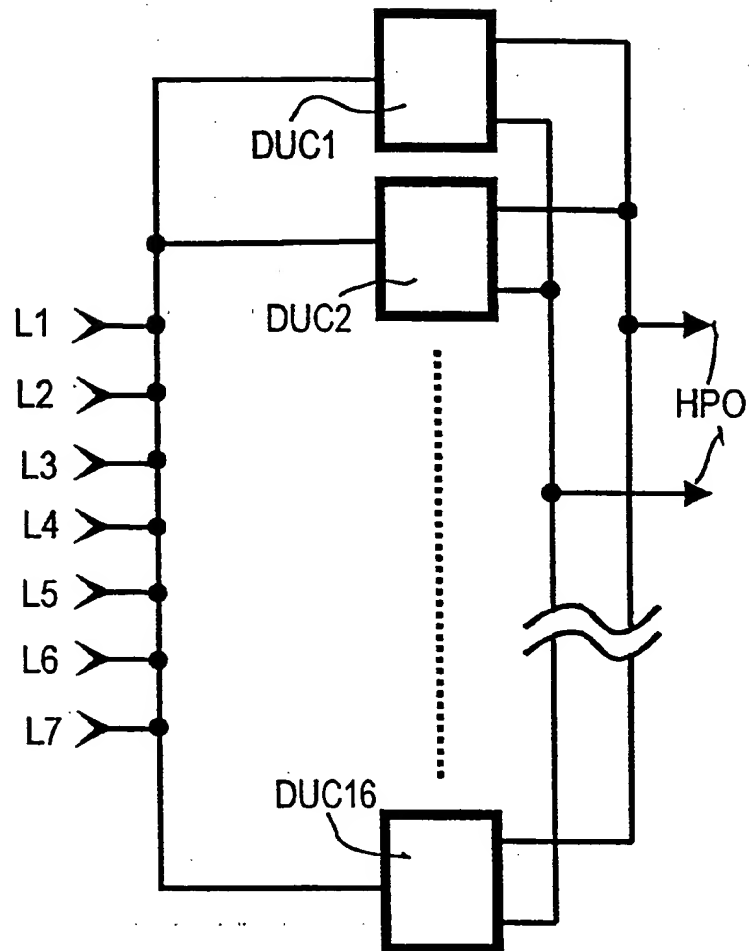
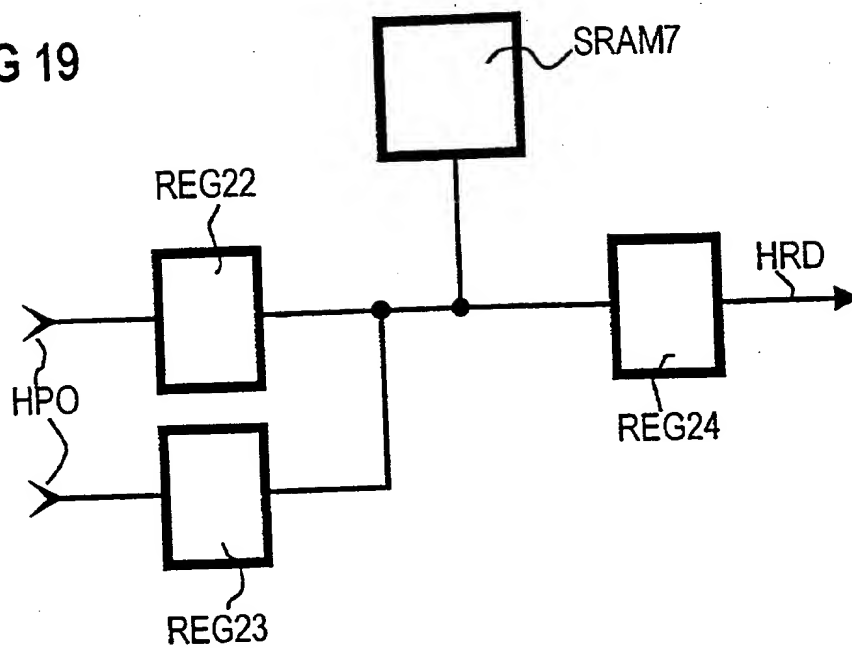


FIG 19



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**